

特開平4-290428

(43) 公開日 平成4年(1992)10月15日

(51) Int. Cl. ³	識別記号	序内重畳番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 21/302		C 7553-4M		
B 0 1 J 10/08		H 6545-4C		
C 2 3 C 16/50		7555-4K		
H 0 1 L 21/302		F 7553-4M		
21/31		C 9618-4M		

従来請求 未請求 請求項の数131(全 32 頁) 最終頁に続く

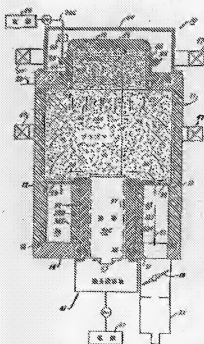
(21) 出願番号	特願平3-318865	(71) 出願人	369040000 アプライド マテリアルズ インコーポレイテッド APPLIED MATERIALS, INCORPORATED アメリカ合衆国 カリフォルニア州 95054 サンタ クララ パワーズ アベニュー 3650
(22) 出願日	平成3年(1991)12月3日	(72) 発明者	ケニス エス コリンズ アメリカ合衆国 カリフォルニア州 95112 サン ホセ ノース ナインティーンズ ストリート 871
(31) 優先権主張番号	07/624740	(73) 代理人	弁理士 中村 豊 (外7名)
(32) 優先日	1990年12月3日		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		
(31) 優先権主張番号	07/626050		
(32) 優先日	1990年12月7日		
(33) 優先権主張国	米国 (US)		

(54) 【発明の名称】 UHF/VHF共振アンテナ供給線を用いたプラズマリアクタ及びその方法

(57) 【要約】

【目的】 本発明は、振動なし且つ複雑なローディングなしに、共振なデバイスの処理を可能にし、歩道まりを向上すること。

【構成】 プラズマ反応装置10は、RFエネルギーによって励起されるリングアンテナ25を利用し、このリングの内側に内蔵電磁波を発生する。リングの内側において、この波は、微方向の円形電界および微方向の磁界を有する。禁止帯界をこの電磁界と共に用いることができる。共振体ドーム17に隣接して配置すると、上記の装置は、金属、誘電体および半導体材料をエッチングするための真空チャンバ内に高強度、低エネルギーのプラズマを生成する。共振状態（アンテナを共振周波数との共振に同調し且つ境界を共振周波数との共振に同調する）で操作すると、プラズマ密度を最大にすることができる。ウェーハ5の支持電極に印加されるバイアスエネルギーが励起シース電圧を制御し、且つイオンエネルギーを制御する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 真空チャンバと、半導体ウェーハ等の物体を支持するために真空チャンバ内に設けられる手段と、プロセス気体をチャンバ内に供給する手段とチャンバ内にプラズマを生成するためにチャンバ内に高周波電磁エネルギーを結合する手段とを備えることを特徴とするR.F.プラズマ処理装置。

【請求項2】 前記結合手段は、一定の厚さを有したループの共振アンテナであることを特徴とする請求項1記載の装置。

【請求項3】 前記結合手段は、一定の厚さを有したループの共振アンテナであり、且つ該装置が高周波電磁エネルギーの電界成分のチャンバ内への放射結合を防ぐためにアンテナとチャンバの間に導電性シールドを含むことを特徴とする請求項1記載の装置。

【請求項4】 前記結合手段は、多層のばね型したループの共振アンテナであり、且つ前記装置、高周波電磁エネルギーの電界成分のチャンバ内への直接結合を防ぐためにアンテナとチャンバの間に導電性シールドを含むことを特徴とする請求項1記載の装置。

【請求項5】 アンテナへ高周波電力を供給する電源手段と、アンテナの共振周波数を調整し、またその入力インピーダンスを電源手段のインピーダンスに自動的に且つ自動的に合わせる手段とをさらに備えることを特徴とする請求項1記載の装置。

【請求項6】 アンテナの実効長さ l は、 n が小さな奇数の整数であり且つ $l \approx \lambda/4$ にほぼ等しいことを特徴とする請求項2記載の装置。

【請求項7】 アンテナの実効長さ l は、 n が小さな偶数の整数であり且つ $l \approx \lambda/2$ にほぼ等しいことを特徴とする請求項2記載の装置。

【請求項8】 アルキルの実効長さ l は、 $l \approx \lambda/2$ にほぼ等しいことを特徴とする請求項2記載の装置。

【請求項9】 電源手段は電圧を制御するためにウェーハ支持手段に電圧を印加する手段をさらに備えることを特徴とする請求項2記載の装置。

【請求項10】 一定の偏圧バイアスを維持するためにウェーハ支持機構への電力を自動的に変化する手段をさらに備えることを特徴とする請求項9の装置。

【請求項11】 プラズマのウェーハに対する相対的な位置および特性を制御するために均一、発散および収束ミラー—磁界形成の中から選択されるアンテナの平面に直交する停止磁界を印加する手段をさらに備えることを特徴とする請求項1記載の装置。

【請求項12】 ウェーハ支持機構は、その上にウェーハを支持するための表面を含み、且つ、チャンバ内側の周囲のあたりの比較的鋭い昇降およびウェーハ支持表

面に沿った比較的鋭い昇降を設定するために、チャンバ下部域に多層カスプ磁界を印加する手段をさらに備えることを特徴とする請求項1記載の装置。

【請求項13】 ウェーハ支持機構に沿って比較的鋭い昇降の昇降を設定するために、ウェーハ支持機構から停止磁界をさらせるためのウェーハ支持機構に近接する磁気分離手段をさらに備えることを特徴とする請求項1記載の装置。

【請求項14】 高周波エネルギーの自由空間への放射を防ぐために、チャンバの外側においてアンテナを囲む高周波反射壁をさらに備えることを特徴とする請求項1記載の装置。

【請求項15】 チャンバはほぼ円筒形状の筒状ドームを含み、結合手段は該ドームを囲むほぼ閉じたループアンテナであり、且つ電磁エネルギーの電界成分のチャンバ内への結合を防ぐために、アンテナとドームとの間に導電性シールドをさらに備えることを特徴とする請求項1記載の装置。

【請求項16】 チャンバはほぼ円筒形状の筒状ドームを含み、結合手段は該ドームを囲むほぼ閉じたループアンテナであり、ドーム内において誘引アンテナの平面に集中するプラズマを生成し且つ該プラズマをウェーハ支持機構まで下流に均等に拡散するために、電磁エネルギーの電界成分のチャンバ内への結合を防ぐようにアンテナとドームとの間に導電性シールドをさらに備えることを特徴とする請求項1記載の装置。

【請求項17】 結合手段はドームを囲むほぼ閉じたループアンテナであり、ウェーハ支持機構はアンテナの平面に位置し、誘引アンテナの平面に集中するプラズマを生成し且つウェーハ支持機構の領域をプラズマにわたすために、電磁エネルギーの電界成分のチャンバ内への結合を防ぐようにアンテナとチャンバとの間に導電性シールドをさらに備えることを特徴とする請求項1記載の装置。

【請求項18】 高周波電圧を制御するために、ウェーハ支持手段に電圧を印加する手段をさらに備えることを特徴とする請求項17記載の装置。

【請求項19】 チャンバはその上部において収束体ウィンドーを含み、アンテナはチャンバの外側でウィンドーの近傍に設置されることを特徴とする請求項2記載の装置。

【請求項20】 アンテナは、チャンバ内に設置されることを特徴とする請求項2記載の装置。

【請求項21】 高周波エネルギーは、アンテナのインピーダンスを共振周波数に適合するための誘導性、誘電性または導電性インピーダンスの1つを介してアンテナに結合することを特徴とする請求項2記載の装置。

【請求項22】 高周波エネルギーは、アンテナのインピーダンスを共振周波数のそれに適合するための可変コンデンサを介してアンテナに結合することを特徴とする請

請求2記載の範囲。

【請求項3】 アンテナを共振に同調させるために、アンテナに接続する固定分布、誘導性または容性インピーダンスから選択される手段を備えることを特徴とする請求項2記載の装置。

【請求項4】 アンテナを共振に同調させるために、アンテナに接続する可変コンデンサを備えることを特徴とする請求項2記載の装置。

【請求項5】 アンテナの長さ λ は $\lambda/2$ にほぼ等しく、 λ はプラズマ共振周波数における高周波RFエネルギーの波長であり、且つ、アンテナを共振に同調させるためにアンテナ上の $\lambda/4$ 地点近くに接続する可変コンデンサをさらに備えることを特徴とする請求項2記載の装置。

【請求項6】 プラズマから荷電イオンまたは電子のストリームを抽出するためのパイプまたはグリッドをさらに備えることを特徴とする請求項1記載の装置。

【請求項7】 高圧された中性物質および高周波のストリームを抽出するために、抽出グリッドから離開して取られる中和グリッドをさらに備えることを特徴とする請求項2記載の装置。

【請求項8】 プラズマチャンバを固定する誘導体ドームを含むハウジングと、半導体ウェーハを支持するためのプラズマチャンバ内の電極手段と、プラズマチャンバに反応性ガスを供給するためのハウジング内のガス供給マニピュレータと、プラズマチャンバと連通してその中に真空を維持するための真空ポンプ手段と、共同して高周波電磁エネルギーの誘導電界成分をプラズマチャンバからせり出す高周波電磁エネルギーの電界成分をプラズマチャンバ内に結合して閉ループ電界を誘導するための、ドームを囲むばね閉じたループアンテナおよびアンテナとドームの間にはさまれる導電性シールドを含む高周波エネルギー源とを備えることを特徴とするプラズマ処理反応装置。

【請求項9】 高周波エネルギー源は、50〜800 MHzの範囲内の周波数を有することを特徴とする請求項2記載の装置。

【請求項10】 陰極シース電圧を制御するために、選択された周波数の交流エネルギーをウェーハ支持機構に印加する手段をさらに備えることを特徴とする請求項2記載の装置。

【請求項11】 外部源からの選択された周波数の交流エネルギーをプラズマチャンバに印加するようにされ且つ電極手段をなす一体的な近接導体構造と、電極手段を囲む外導体と、近接導体構造に印加された交流エネルギーが陰極シース電圧を増大するために電極手段に沿って結合するような、電極手段と外導体との間の絶縁体とをさらに備えることを特徴とする請求項2記載の装置。

【請求項12】 選択された材料を製作するための気体からプラズマを生成するために、だ円偏波高周波電磁エ

ネルギーを真空チャンバに印加しながら該チャンバに該気体を供給することを特徴とするプラズマを形成するプロセス。

【請求項13】 真空チャンバ内において電極上に物体を支持し、真空チャンバに気体を供給し、チャンバに隣接するばね閉じたループアンテナを用いて高周波電磁エネルギーを生成し、高周波エネルギーをチャンバに結合することによって該物体上に1種またはそれ以上の材料を製作するためのプラズマを生成することを特徴とするプラズマを生成するプロセス。

【請求項14】 電磁エネルギーの誘導電界成分はチャンバから誘導され、該電磁エネルギーの電界成分はプラズマを生成するためにチャンバに結合されることを特徴とする請求項3記載のプロセス。

【請求項15】 電磁エネルギーの誘導成分は、プラズマを生成するためにだ円電界を誘導するようにチャンバに結合することを特徴とする請求項3記載のプロセス。

【請求項16】 結合した成分は、円形電界を誘導することを特徴とする請求項3記載のプロセス。

【請求項17】 陰極シース電圧を制御するために、選択された周波数の交流エネルギーを電極に印加する回路をさらに含むことを特徴とする請求項3記載のプロセス。

【請求項18】 陰極シース電圧を制御するために、選択された周波数の交流エネルギーを電極に印加する回路をさらに含むことを特徴とする請求項3記載のプロセス。

【請求項19】 陰極シース電圧を制御するために、選択された周波数の交流エネルギーを電極に印加する回路をさらに含むことを特徴とする請求項3記載のプロセス。

【請求項20】 選択した陰極シース電圧を維持するために、前記電極に送られる電力を変化させる回路をさらに含むことを特徴とする請求項3記載のプロセス。

【請求項21】 陰極シース電圧とは無関係に低イオンエネルギーにおいて高イオンフラックスが生成され、イオンフラックス密度とは無関係にイオンの方向を低イオンエネルギーにおいて高イオンフラックス密度を定め、電極に送られた出力が陰極シース電圧を定めることを特徴とする請求項3記載のプロセス。

【請求項22】 気体がエッチング気体をなし、プラズマがエッチング気体を生成することを特徴とする請求項3記載のプロセス。

【請求項23】 気体がエッチング気体をなし、プラズマがエッチング気体を生成することを特徴とする請求項3記載のプロセス。

【請求項24】 気体性、半導体または導体性エッチングを選択的に実行するために、アンテナ出力および電

極よ送られるバイアス出力を制御する段階をさらに含むことを特徴とする請求項4の配線のプロセス。

【補足事項 4】 風方向。半風方向または等力性経緯を
選定時に実行するために、アンテナ出力および電波へ透
られるバイアス出力を制御する機能をさらに含むことを
特許とする補足事項 4 の記載のプロセス。

【調査事項 46】 真空チャンバ内において半導体ウェーハ等の物体を電極上に支持し、該真空チャンバに気体を供給し、チャンバに懸架する炭化銅箔にループアンテナを利用して高周波電磁エネルギーを生成し、半導体ウェーハ上に1種類以上の材料を製造するために該気体からプラズマを生成するように該電磁エネルギーの炭素成分をチャンバ内に結合する気体源を含むことを特徴とするプラズマを生成するプロセス。

【図47】 操作が、1種類以上の材料のエッチングであることを特徴とする請求項46記載のプロセス。

【請求項48】 製作が、1種類以上の材料の付着であることを特徴とする請求項46記載のプロセス。

【請求項4.9】 銅作が、1種類以上の材料の別々または同時の付着およびエッチングであることを特徴とする請求項4.6記載のプロセス。

【請求項5d】 ウェーハシース搬送を制御するために、ウェーハ支持電極にバイアスエネルギーを印加する段階をさらに含むことを特徴とする請求項4a記載のプロセス。

【請求項51】 製作が、1種類以上の材料のエッチングであることを特徴とする請求項50記載のプロセス。

【請求項52】 製作が、1種類以上の材料の付着であることを特徴とする請求項50記載のプロセス。

【請求項53】 製作が、1種類以上の材料の何れかまたは別々の付着およびエッチングであることを特徴とする請求項4記載のプロセス。

【請求項54】 材料は、酸化物であることを特徴とする請求項47記載のプロセス。

【請求項6の5】 アンテナに高周波出力を印加することによって酸化物の層をエッチングすることを特徴とする請求項4の6記載のプロセス。

【請求項56】 アンテナに高周波電力を印加することによって酸化物の膜を等方性にエッチングすることを特徴とする請求項48記載のプロセス。

【請求項 57】 アンテナに比較的高い周波数の電圧を印加し且つウェーハ支持構造に比較的低い周波数の電圧を印加することによって、酸化物の層をエッチングすることを特徴とする請求項 50 のプロセス。

【請求項5】 アンテナに高周波電力を印加し且つウェーハ変形装置に比較的低い数値の出力を印加することによって、該化合物の層を異方性にエッチングすることを特徴とする請求項24のプロセス。

【請求項6】 エッチングされる材料はポリシリコンである層状体であり、50乃至800MHzで300乃至30

5880ワットのアンテナ電力、100乃至1000ワットのバイアス電力。フッ素、炭素、水素含有の各気体の1つ以上を含むものおよびフッ素、炭素、水素含有気体および不活性気体を含むものの気体化学組成および組合せ、および約0.9 g/liter未満の圧力を適用することと特許とする。図面参照。1. 記載の方法。

【結果事項6】 エッチングされる材料は必ず上に形成した酸化膜であり、5.0乃至4.0kPaで5.0乃至5.0kPaのプラズマのアンテナ電力、2.0乃至1.0kPaのバイアス電力、(1)ワット、炭素、水素含有の有機体の1/3以上を含む組合せと(2)ワット、炭素、水素含有の有機体の1/3以上を含む無機体を含む混合系から溶着した気体化学組成および約0.1ml/liter乃至1.0ml/literの範囲内の圧力を適用することとを特徴とする溶着装置51の製造のプロセス。

【請求項61】 エッチングされる材料はポリ上に形成された酸化銅であり、50乃至250MHzで800乃至2000ワットのアンテナ電力、400乃至1000ワットのバース電力、 Cl_2 、 CF_4 、 C_2F_6 、 C_3F_8 、 C_4F_8 、 C_5F_8 、 C_6F_8 、水蒸気、酸素および活性気体炭素が混合選択される1つ以上の気体を含む気体化合物、および5mTorr乃至50mTorrの範囲内の圧力を適用して、熱処理250乃至1000 $\text{Angstroms}/\text{min.}$ でエッチングすることも特徴とする請求項1記載のプロセス。

【請求項 8】 材料はポリシリコン上の酸化物であり、気体化学組成は酸素およびアルゴンであり、該酸化物を高い酸化剤／ポリシリコン濃度比でエッチングすることを経過とする請求項 5, 1 記載のプロセス。

【請求項63】 材料はポリシリコン上の酸化層であり、アンテナに印加される100ワット、2000MHzの電力、ウェーブアンテナ電線に印加される約600Vの電圧の比較的鈍波長の短いパルス電力、RFおよびアルゴンを含む気体環境で、および約3mmilliのチャナール正圧を適用して、線径は約2/100の酸化層/ポリシリコン比によって約600-6000amps/mmの速度でエッチングすることを特徴とする請求項51に記載のプロセス。

【請求項 4】 エッチングされる材料はアルミニウム上の酸化物であり、気体化学組成は CHF_3 、 CF_4 、 C_2F_6 、 C_3F_8 、 C_4F_{10} 、 C_5F_{12} 、 C_6F_{14} 、 C_7F_{16} 、 C_8F_{18} 、 C_9F_{20} 、 $\text{C}_{10}\text{F}_{22}$ 、 $\text{C}_{11}\text{F}_{24}$ 、 $\text{C}_{12}\text{F}_{26}$ 、 $\text{C}_{13}\text{F}_{28}$ 、 $\text{C}_{14}\text{F}_{30}$ 、 $\text{C}_{15}\text{F}_{32}$ 、 $\text{C}_{16}\text{F}_{34}$ 、 $\text{C}_{17}\text{F}_{36}$ 、 $\text{C}_{18}\text{F}_{38}$ 、 $\text{C}_{19}\text{F}_{40}$ 、 $\text{C}_{20}\text{F}_{42}$ 、 $\text{C}_{21}\text{F}_{44}$ 、 $\text{C}_{22}\text{F}_{46}$ 、 $\text{C}_{23}\text{F}_{48}$ 、 $\text{C}_{24}\text{F}_{50}$ 、 $\text{C}_{25}\text{F}_{52}$ 、 $\text{C}_{26}\text{F}_{54}$ 、 $\text{C}_{27}\text{F}_{56}$ 、 $\text{C}_{28}\text{F}_{58}$ 、 $\text{C}_{29}\text{F}_{60}$ 、 $\text{C}_{30}\text{F}_{62}$ 、 $\text{C}_{31}\text{F}_{64}$ 、 $\text{C}_{32}\text{F}_{66}$ 、 $\text{C}_{33}\text{F}_{68}$ 、 $\text{C}_{34}\text{F}_{70}$ 、 $\text{C}_{35}\text{F}_{72}$ 、 $\text{C}_{36}\text{F}_{74}$ 、 $\text{C}_{37}\text{F}_{76}$ 、 $\text{C}_{38}\text{F}_{78}$ 、 $\text{C}_{39}\text{F}_{80}$ 、 $\text{C}_{40}\text{F}_{82}$ 、 $\text{C}_{41}\text{F}_{84}$ 、 $\text{C}_{42}\text{F}_{86}$ 、 $\text{C}_{43}\text{F}_{88}$ 、 $\text{C}_{44}\text{F}_{90}$ 、 $\text{C}_{45}\text{F}_{92}$ 、 $\text{C}_{46}\text{F}_{94}$ 、 $\text{C}_{47}\text{F}_{96}$ 、 $\text{C}_{48}\text{F}_{98}$ 、 $\text{C}_{49}\text{F}_{100}$ 、 $\text{C}_{50}\text{F}_{102}$ 、 $\text{C}_{51}\text{F}_{104}$ 、 $\text{C}_{52}\text{F}_{106}$ 、 $\text{C}_{53}\text{F}_{108}$ 、 $\text{C}_{54}\text{F}_{110}$ 、 $\text{C}_{55}\text{F}_{112}$ 、 $\text{C}_{56}\text{F}_{114}$ 、 $\text{C}_{57}\text{F}_{116}$ 、 $\text{C}_{58}\text{F}_{118}$ 、 $\text{C}_{59}\text{F}_{120}$ 、 $\text{C}_{60}\text{F}_{122}$ 、 $\text{C}_{61}\text{F}_{124}$ 、 $\text{C}_{62}\text{F}_{126}$ 、 $\text{C}_{63}\text{F}_{128}$ 、 $\text{C}_{64}\text{F}_{130}$ 、 $\text{C}_{65}\text{F}_{132}$ 、 $\text{C}_{66}\text{F}_{134}$ 、 $\text{C}_{67}\text{F}_{136}$ 、 $\text{C}_{68}\text{F}_{138}$ 、 $\text{C}_{69}\text{F}_{140}$ 、 $\text{C}_{70}\text{F}_{142}$ 、 $\text{C}_{71}\text{F}_{144}$ 、 $\text{C}_{72}\text{F}_{146}$ 、 $\text{C}_{73}\text{F}_{148}$ 、 $\text{C}_{74}\text{F}_{150}$ 、 $\text{C}_{75}\text{F}_{152}$ 、 $\text{C}_{76}\text{F}_{154}$ 、 $\text{C}_{77}\text{F}_{156}$ 、 $\text{C}_{78}\text{F}_{158}$ 、 $\text{C}_{79}\text{F}_{160}$ 、 $\text{C}_{80}\text{F}_{162}$ 、 $\text{C}_{81}\text{F}_{164}$ 、 $\text{C}_{82}\text{F}_{166}$ 、 $\text{C}_{83}\text{F}_{168}$ 、 $\text{C}_{84}\text{F}_{170}$ 、 $\text{C}_{85}\text{F}_{172}$ 、 $\text{C}_{86}\text{F}_{174}$ 、 $\text{C}_{87}\text{F}_{176}$ 、 $\text{C}_{88}\text{F}_{178}$ 、 $\text{C}_{89}\text{F}_{180}$ 、 $\text{C}_{90}\text{F}_{182}$ 、 $\text{C}_{91}\text{F}_{184}$ 、 $\text{C}_{92}\text{F}_{186}$ 、 $\text{C}_{93}\text{F}_{188}$ 、 $\text{C}_{94}\text{F}_{190}$ 、 $\text{C}_{95}\text{F}_{192}$ 、 $\text{C}_{96}\text{F}_{194}$ 、 $\text{C}_{97}\text{F}_{196}$ 、 $\text{C}_{98}\text{F}_{198}$ 、 $\text{C}_{99}\text{F}_{200}$ 、 $\text{C}_{100}\text{F}_{202}$ 、 $\text{C}_{101}\text{F}_{204}$ 、 $\text{C}_{102}\text{F}_{206}$ 、 $\text{C}_{103}\text{F}_{208}$ 、 $\text{C}_{104}\text{F}_{210}$ 、 $\text{C}_{105}\text{F}_{212}$ 、 $\text{C}_{106}\text{F}_{214}$ 、 $\text{C}_{107}\text{F}_{216}$ 、 $\text{C}_{108}\text{F}_{218}$ 、 $\text{C}_{109}\text{F}_{220}$ 、 $\text{C}_{110}\text{F}_{222}$ 、 $\text{C}_{111}\text{F}_{224}$ 、 $\text{C}_{112}\text{F}_{226}$ 、 $\text{C}_{113}\text{F}_{228}$ 、 $\text{C}_{114}\text{F}_{230}$ 、 $\text{C}_{115}\text{F}_{232}$ 、 $\text{C}_{116}\text{F}_{234}$ 、 $\text{C}_{117}\text{F}_{236}$ 、 $\text{C}_{118}\text{F}_{238}$ 、 $\text{C}_{119}\text{F}_{240}$ 、 $\text{C}_{120}\text{F}_{242}$ 、 $\text{C}_{121}\text{F}_{244}$ 、 $\text{C}_{122}\text{F}_{246}$ 、 $\text{C}_{123}\text{F}_{248}$ 、 $\text{C}_{124}\text{F}_{250}$ 、 $\text{C}_{125}\text{F}_{252}$ 、 $\text{C}_{126}\text{F}_{254}$ 、 $\text{C}_{127}\text{F}_{256}$ 、 $\text{C}_{128}\text{F}_{258}$ 、 $\text{C}_{129}\text{F}_{260}$ 、 $\text{C}_{130}\text{F}_{262}$ 、 $\text{C}_{131}\text{F}_{264}$ 、 $\text{C}_{132}\text{F}_{266}$ 、 $\text{C}_{133}\text{F}_{268}$ 、 $\text{C}_{134}\text{F}_{270}$ 、 $\text{C}_{135}\text{F}_{272}$ 、 $\text{C}_{136}\text{F}_{274}$ 、 $\text{C}_{137}\text{F}_{276}$ 、 $\text{C}_{138}\text{F}_{278}$ 、 $\text{C}_{139}\text{F}_{280}$ 、 $\text{C}_{140}\text{F}_{282}$ 、 $\text{C}_{141}\text{F}_{284}$ 、 $\text{C}_{142}\text{F}_{286}$ 、 $\text{C}_{143}\text{F}_{288}$ 、 $\text{C}_{144}\text{F}_{290}$ 、 $\text{C}_{145}\text{F}_{292}$ 、 $\text{C}_{146}\text{F}_{294}$ 、 $\text{C}_{147}\text{F}_{296}$ 、 $\text{C}_{148}\text{F}_{298}$ 、 $\text{C}_{149}\text{F}_{300}$ 、 $\text{C}_{150}\text{F}_{302}$ 、 $\text{C}_{151}\text{F}_{304}$ 、 $\text{C}_{152}\text{F}_{306}$ 、 $\text{C}_{153}\text{F}_{308}$ 、 $\text{C}_{154}\text{F}_{310}$ 、 $\text{C}_{155}\text{F}_{312}$ 、 $\text{C}_{156}\text{F}_{314}$ 、 $\text{C}_{157}\text{F}_{316}$ 、 $\text{C}_{158}\text{F}_{318}$ 、 $\text{C}_{159}\text{F}_{320}$ 、 $\text{C}_{160}\text{F}_{322}$ 、 $\text{C}_{161}\text{F}_{324}$ 、 $\text{C}_{162}\text{F}_{326}$ 、 $\text{C}_{163}\text{F}_{328}$ 、 $\text{C}_{164}\text{F}_{330}$ 、 $\text{C}_{165}\text{F}_{332}$ 、 $\text{C}_{166}\text{F}_{334}$ 、 $\text{C}_{167}\text{F}_{336}$ 、 $\text{C}_{168}\text{F}_{338}$ 、 $\text{C}_{169}\text{F}_{340}$ 、 $\text{C}_{170}\text{F}_{342}$ 、 $\text{C}_{171}\text{F}_{344}$ 、 $\text{C}_{172}\text{F}_{346}$ 、 $\text{C}_{173}\text{F}_{348}$ 、 $\text{C}_{174}\text{F}_{350}$ 、 $\text{C}_{175}\text{F}_{352}$ 、 $\text{C}_{176}\text{F}_{354}$ 、 $\text{C}_{177}\text{F}_{356}$ 、 $\text{C}_{178}\text{F}_{358}$ 、 $\text{C}_{179}\text{F}_{360}$ 、 $\text{C}_{180}\text{F}_{362}$ 、 $\text{C}_{181}\text{F}_{364}$ 、 $\text{C}_{182}\text{F}_{366}$ 、 $\text{C}_{183}\text{F}_{368}$ 、 $\text{C}_{184}\text{F}_{370}$ 、 $\text{C}_{185}\text{F}_{372}$ 、 $\text{C}_{186}\text{F}_{374}$ 、 $\text{C}_{187}\text{F}_{376}$ 、 $\text{C}_{188}\text{F}_{378}$ 、 $\text{C}_{189}\text{F}_{380}$ 、 $\text{C}_{190}\text{F}_{382}$ 、 $\text{C}_{191}\text{F}_{384}$ 、 $\text{C}_{192}\text{F}_{386}$

【請求項65】 エッチングされる材料はアルミニウム上の酸化層であり、50乃至800MHzで300乃至500ワットのアンテナ電力、100乃至1000ワットのバイアス電力、フッ素含有気体と酸素、炭素含有気体および不活性気体の少なくとも1つを含む気体化学組成物および約6.0mm以下、東洋の拉力を適用することと特徴とし、50乃至800MHzの圧力。

7

【請求項6】 エッチングされる材料はアルミニウムの酸化物であり、5.0乃至40.0MHzで5.0乃至250.0ワットのアンテナ電力1.0乃至5.0ワットのバイアス電力、フッ素含有気体と酸素、炭素含有気体および不活性気体の少なくとも1つを含む気体化学組成および約1.0milliTorrの範囲内の圧力を適用することを特徴とする請求項5記載のプロセス。

【請求項7】 エッチングされる材料はアルミニウムの酸化物であり、5.0乃至25.0MHzで8.0乃至20.0ワットのアンテナ電力1.0乃至3.0ワットのバイアス電力、 CF_4 、 CF_3 、 C_2F_6 、 C_3F_8 、 CHF_3 、 C_2F_4 、 C_2F_2 、 C_2F_6 、水素、酸素および不活性気体から選択される1つ以上の気体を含む気体化学組成および約5.0milliTorr乃至約5.0milliTorrの範囲内の圧力を適用することを特徴とする請求項5記載のプロセス。

【請求項8】 材料はアルミニウム上の酸化物であり、1.5キロワット、2.0MHzの電力をアンテナに印加し、約2.0ワットの比較的周波数の低いバイアス電力をウェーハ支持電極に印加し、気体は $7/5/12/2$ secの $\text{CF}_4/\text{CF}_3/\text{C}_2\text{F}_6/\text{Ar}$ の割合でなり、チャンバ圧力は1.0〜3.0milliTorrであり、これによって、アルミニウムをスパッタすることなしに酸化物を約4.0〜5.0Å/minの速度でエッチングすることを特徴とする請求項5記載のプロセス。

【請求項9】 エッチングされる材料は酸化物であり、5.0乃至50.0MHzで1.0乃至10.0ワットのアンテナ電力、フッ素含有気体を含む気体化学組成、および約0.5乃至2.0ワットのバイアス電力を適用することを特徴とする請求項4記載のプロセス。

【請求項10】 エッチングされる材料は酸化物であり、5.0乃至40.0MHzのバイアス電力、 CF_4 、 C_2F_6 、 NF_3 、および SF_6 から選択される気体化学組成、および約5.0milliTorr乃至1.0milliTorrの範囲内のチャンバ圧力を適用することを特徴とする請求項5記載のプロセス。

【請求項11】 エッチングされる材料は酸化物であり、約0.5〜2.5MHzの電力をアンテナに印加し、 CF_4 、および NF_3 から選択される少なくとも1つの気体を含む気体化学組成を用いることを特徴とする請求項4記載のプロセス。

【請求項12】 材料は酸化物であり、2.0MHzで2.0〜1.0ワットの電力をアンテナに印加し、気体は $9/5 \sim 12/2$ secの CF_4/CF_3 でなり、チャンバ圧力は1.0〜5.0milliTorrであり、これにより、1.0〜1.5Å/sの比較的低い露光率で電圧において酸化物を約1.0〜1.0Å/minの速度でエッチングすることを特徴とする請求項5記載のプロセス。

【請求項13】 エッチングされる材料は酸化物であり、5.0乃至8.0MHzで5.0乃至5.0ワットのアンテナ電力、0.5乃至5.0ワットのバイアス電力、フ

8

ッ素を含む気体化学組成、および約5.0Torr未満のチャンバ圧力を適用して、酸化物を等方性にエッチングすることを特徴とする請求項5記載のプロセス。

【請求項14】 エッチングされる材料は酸化物であり、5.0乃至40.0MHzで5.0乃至25.0ワットのアンテナ電力、0.5乃至3.0ワットのバイアス電力、フッ素を含む気体化学組成、および約0.5Torr乃至3.0Torrの範囲内のチャンバ圧力を適用して、酸化物を等方性にエッチングすることを特徴とする請求項5記載のプロセス。

【請求項15】 エッチングされる材料は酸化物であり、5.0乃至25.0MHzで5.0乃至25.0ワットのアンテナ電力、0.5乃至3.0ワットのバイアス電力、 CF_4 、 C_2F_6 、 NF_3 、および SF_6 から選択される1種類以上の気体を含む気体化学組成、約0.5Torr乃至3.0Torrの範囲内のチャンバ圧力、および約1.25未満のウェーハ速度を適用して、酸化物を等方性にエッチングすることを特徴とする請求項5記載のプロセス。

【請求項16】 材料は酸化物であり、2.0MHzで1.5〜1.5キロワットの電力をアンテナに印加し、気体は5.0〜2.0, 0.0 secの CF_4/CF_3 または CF_4/CF_3 でなり、チャンバ圧力は約1Torrであり、ウェーハ支持電極は約0.0〜7.5℃に加熱され、これによって、酸化物を約2.50〜4.50Å/minの速度で等方性にエッチングすることを特徴とする請求項5記載のプロセス。

【請求項17】 材料はポリシリコンであることを特徴とする請求項5記載のプロセス。

【請求項18】 エッチングされる材料はポリシリコンであり、5.0乃至8.0MHzで2.0乃至15.0ワットのアンテナ電力、0.5乃至5.0ワットのバイアス電力、ハロゲンを含む気体化学組成、約1.0milliTorr乃至5.0milliTorrの範囲内の圧力を適用することを特徴とする請求項5記載のプロセス。

【請求項19】 エッチングされる材料はポリシリコンであり、5.0乃至40.0MHzで3.0乃至10.0ワットのアンテナ電力、0.5乃至3.0ワットのバイアス電力、ハロゲンを含む気体化学組成、および約1.0milliTorr乃至約1.0milliTorrの範囲内の圧力を適用することを特徴とする請求項5記載のプロセス。

【請求項20】 エッチングされる材料はポリシリコンであり、5.0乃至25.0MHzで3.0乃至7.5ワットのアンテナ電力、0.5乃至3.0ワットのバイアス電力、酸素、水素、臭化水素、ヘリウム、アルゴン、酸素および六フッ化イオウから選択される少なくとも1種類の気体を含む気体化学組成、および約1.0milliTorr乃至1.0milliTorrの範囲内の圧力を適用することを特徴とする請求項5記載のプロセス。

【請求項21】 材料はポリシリコンであり、0.5キロワット、2.0MHzの電力をアンテナ電力に印加し、約5.0ワットの比較的周波数の低い電力をウェーハ支持

9

電極に印加し、気体は $8.0/1.00/(0\sim4)$ sccmの $\text{Cl}_2/\text{Ar}/\text{O}_2$ であり、圧力は $1.0\sim5.0$ mTorrであり、これによって、該シリコンを $3.5/1$ のシリ/酸化物選択比によって約 $3.0/0.4, 0.0/0.4$ m/sの速度でエッチングすることと特徴とする請求項5記載のプロセス。

【請求項82】 エッチングされる材料はフォトレジストであり、 5.0 乃至 8.0 MHzで $3.0/0.4$ 乃至 $5.0/0.4$ ワットのアンテナ電力、約 $1.0/0.4$ ワット未満のバイアス電力、酸素、フッ素含有気体および酸素から選択される少なくとも1種類の気体を含む気体化学組成、および約 $1.0/0.4$ mTorr乃至 5.0 Torrの圧力を適用することと特徴とする請求項47記載のプロセス。

【請求項83】 エッチングされる材料はフォトレジストであり、 5.0 乃至 4.0 MHzで $3.0/0.4$ 乃至 $2.5/0.4$ ワットのアンテナ電力、約 $1.0/0.4$ ワット未満のバイアス電力、酸素および亜酸化窒素から選択される少なくとも1つの酸化窒素と酸素、 CF_4 、 C_2F_6 、 NF_3 および N_2 から選択される少なくとも1つの気体を含む気体化学組成、および $5.0/0.4$ mTorr乃至 1.0 Torrの圧力を適用することと特徴とする請求項47記載のプロセス。

【請求項84】 エッチングされる材料はフォトレジストであり、 5.0 乃至 2.0 MHzで $3.0/0.4$ 乃至 $2.5/0.4$ ワットのアンテナ電力、約 $1.0/0.4$ ワット未満のバイアス電力、酸素および亜酸化窒素から選択される $5.0/0.4$ 乃至 $2.0/0.4$ sccmの酸素含有気体と約 $5.0/0.4$ sccm未満の酸素、 CF_4 および N_2 から選択される少なくとも1つの気体を含む気体化学組成、および $5.0/0.4$ mTorr乃至 5.0 Torrの圧力を適用することと特徴とする請求項47記載のプロセス。

【請求項85】 材料はフォトレジストであり、 $2.0/0.4$ MHzで $1\sim1.5$ キロワットの電力をアンテナに印加し、気体は $8.0/0\sim1.0/0.4$ sccmの O_2 、 $0\sim2.0/0.4$ sccmの N_2 、および $0\sim2.0/0.4$ sccmの CF_4 であり、チャンパ圧力は約 $1.0/1.0$ Torrであり、ウェーハ支持機構は約 $1.0/0\sim2.0/0.4$ m/sの速度でエッチングすることと特徴とする請求項47記載のプロセス。

【請求項86】 フォトレジストをエッチングするプロセスであって、 5.0 乃至 8.0 MHzで $3.0/0.4$ 乃至 $5.0/0.4$ ワットのアンテナ電力、約 $5.0/0.4$ ワット未満のバイアス電力、(1)酸素と(2)酸素およびフッ素含有気体とから選択される1つ以上の気体または気体の組合せを含む気体化学組成、および約 $1.0/1.0$ mTorr乃至約 $5.0/5.0$ Torrの範囲内のチャンパ圧力を適用して、該フォトレジストを異方向にエッチングすることと特徴とする請求項51記載のプロセス。

【請求項87】 フォトレジストをエッチングするプロセスであって、 5.0 乃至 2.5 MHzで $3.0/0.4$ 乃至 $1.5/0.4$ ワットのアンテナ電力、約 $3.0/0.4$ ワット未満のバイ

10

ス電力、(1)酸素および酸化窒素から選択される1以上の酸素含有気体と(2) CF_4 、 N_2 、 C_2F_6 および O_2 から選択される1つ以上のフッ素含有気体とを含む気体化学組成、約 $1.0/1.0$ mTorr乃至約 $1.0/1.0$ Torrの範囲内のチャンパ圧力、および約 $1.0/1.0$ m/s以下のウェーハ速度を適用して、該フォトレジストを異方向にエッチングすることと特徴とする請求項51記載のプロセス。

【請求項88】 フッ素含有気体の酸素含有気体に対する流量比は、 $(0\sim3.0/0.4)/(1.0\sim3.0/0.4)$ であることを特徴とする請求項83記載のプロセス。

【請求項89】 材料はフォトレジストであり、 $2.0/0.4$ MHzで 1 キロワットの電力をアンテナに印加し、 $0\sim2.0/0.4$ ワットの比較的低い周波数の電力をウェーハ支持機構に印加し、気体 $8.0/0\sim1.0/0.4$ sccmの O_2 および $0\sim5.0$ sccmの CF_4 であり、チャンパ圧力は約 $1.0\sim3.0$ mTorrであり、ウェーハ支持機構は約 0.4 m/sに維持され、それによって、該フォトレジストを約 $0.4\sim2.0$ m/sの速度で異方向にエッチングすることと特徴とする請求項48記載のプロセス。

【請求項90】 強化ケイ素の低圧プラズマ付着のために、ケイ素含有気体および酸素含有気体を含む気体化学組成、および $5.0/1.0$ mTorrより低い圧力を利用する請求項48記載のプロセス。

【請求項91】 強化物の低圧プラズマ付着のために、 5.0 乃至 8.0 MHzで $3.0/0.4$ 乃至 $5.0/0.4$ ワットのアンテナ電力、約 $1.0/0.4$ ワット未満のバイアス電力、ケイ素含有気体および酸素含有気体を含む気体化学組成、および約 $5.0/1.0$ mTorr未満のチャンパ圧力を用いることを特徴とする請求項52記載のプロセス。

【請求項92】 強化ケイ素の低圧プラズマ付着のプロセスであって、 5.0 乃至 $2.5/0.4$ MHzで $3.0/0.4$ 乃至 $2.5/0.4$ ワットのアンテナ電力、 $0\sim8.0/0.4$ ワットの下部バイアス電力、 $3.0\sim3.0/0.4$ sccmの SiH_4 、 $0\sim5.0$ sccmの N_2 および $1.0/0\sim1.0/0.4$ sccmの N_2 の気体化学組成、 $1\sim1.0/0.4$ mTorrの圧力、および約 $1.0/0.4$ m/sのウェーハ速度を特徴とする請求項52記載のプロセス。

【請求項93】 シリコンオキシ窒化物の低圧プラズマ付着のために、ケイ素含有気体、酸素含有気体および酸素含有気体を含む気体化学組成、および $5.0/1.0$ mTorrより低い圧力を利用することと特徴とする請求項48記載のプロセス。

【請求項94】 シリコンオキシ窒化物の低圧プラズマ付着のプロセスであって、 5.0 乃至 $2.5/0.4$ MHzで $3.0/0.4$ 乃至 $3.0/0.4$ ワットのアンテナ電力、 $0\sim6.0/0.4$ ワットの下部バイアス電力、 $3.0\sim3.0/0.4$ sccmの SiH_4 、 $0\sim5.0$ sccmの N_2 、 $1.0/0\sim1.0/0.4$ sccmの N_2 および酸素および亜酸化窒素から選択される酸素含有気体と他の気体化学組成 $1.0\sim5.0/1.0$ mTorrの圧力、および約 $2.0/0\sim4.0/0.4$ m/sのウェーハ速度を特徴とする請求項52記

のプロセス。

【請求項95】 シリコンオキシ窒化物の低圧プラズマ付着のプロセスであって、50乃至250MHzで500乃至2,500ワットのアンテナ電力、0〜500ワットの下部バイアス電力、30〜200sccmのSiH₄、0〜50sccmのSiH₂、100〜1,000sccmのN₂および100〜1,000sccmのHeおよびArから選択される気体を含有するものなる気体化学組成、100millitorrの圧力および約100〜500℃のウェーハ温度を特徴とする請求項52記載のプロセス。

【請求項96】 二酸化ケイ素の高圧等方性付着プロセスを実行することを特徴とする請求項48記載のプロセス。

【請求項97】 二酸化ケイ素の高圧等方性付着プロセスのプロセスであって、50乃至800MHzで300〜5,000ワットのアンテナ電力、30〜100sccmのシランおよびTBOから選択されるケイ素含有気体および200〜3,000sccmのHe、500millitorr乃至50torrのチャンパ圧力、および約100〜500℃のウェーハ温度を特徴とする請求項48記載のプロセス。

【請求項98】 アンテナ電力は50〜250MHzの300〜2,500ワットであり、圧力は1〜10torrであることを特徴とする請求項97記載のプロセス。

【請求項99】 シリコン窒化物またはシリコンオキシ窒化物の高圧等方性付着プロセスであって、50〜800MHzにおいて300〜5,000ワットのアンテナ電力、シラン、アンモニア、窒化物および窒化水素から選択される気体および500millitorr乃至50torrのチャンパ圧力を特徴とする請求項48記載のプロセス。

【請求項100】 シリコン窒化物は、50〜400MHzで300〜2,500ワットのアンテナ電力、シラン、アンモニアおよび窒素である混合気体および500millitorr乃至10torrの圧力を利用して付着されることを特徴とする請求項99記載のプロセス。

【請求項101】 アンテナ電力は50〜250MHzで500〜1,500ワットであり、バイアス電力は0〜300ワットであり、混合気体は30〜100sccmのSiH₄、0〜30sccmのSiH₂および400〜5,000sccmのN₂であり、ウェーハ温度は100〜500℃であることを特徴とする請求項100記載のプロセス。

【請求項102】 チャンパ圧力は1〜10torrであり、ウェーハ温度は200〜400℃であることを特徴とする請求項101記載のプロセス。

【請求項103】 シリコンオキシ窒化物は50乃至400MHzで300〜2,500ワットのアンテナ電力、シラン、アンモニア、窒素および窒化水素である混合気体、および500millitorr乃至10torrのチャンパ圧力を利用して付着されることを特徴とする請求項99記載のプロセス。

【請求項104】 アンテナ電力は50〜250MHzの

0.5〜1.5MHzであり、バイアス電力は0〜300ワットであり、混合気体は30〜100sccmのアンモニア、0〜30sccmのSiH₄、100〜2,500sccmの窒素および100〜2,500sccmのHeであり、圧力は500millitorr乃至50torrであり、ウェーハ温度は100〜500℃であることを特徴とする請求項103記載のプロセス。

【請求項105】 圧力は1〜10torrでありウェーハ温度は200〜400℃であることを特徴とする請求項104記載のプロセス。

【請求項106】 材料アルミニウムをエッチングするプロセスであって、50乃至800MHzで300〜2,500ワットのアンテナ電力、0乃至600ワットのバイアス電力、窒素含有気体および酸素含有気体から選択される1つ以上の気体を含む気体化学組成、および約1millitorr乃至約300millitorrの範囲内のチャンパ圧力を特徴とする請求項47記載のプロセス。

【請求項107】 材料アルミニウムをエッチングするプロセスであって、50乃至400MHzで50乃至1,500ワットのアンテナ電力、100乃至400ワットのバイアス電力、Cl₂、BCl₃およびBBr₃から選択される1つ以上の気体を含む気体化学組成、および約1millitorr乃至約100millitorrの範囲内のチャンパ圧力を特徴とする請求項51記載のプロセス。

【請求項108】 アルミニウムをエッチングするプロセスであって、窒素含有気体および酸素含有気体の1つ以上から選択される気体化学組成を特徴とする請求項47記載のプロセス。

【請求項109】 混合気体が、添加剤Ar、三臭化ホウ素をさらに含むことを特徴とする請求項108記載のアルミニウムエッチングプロセス。

【請求項110】 50乃至250MHzで500乃至900ワットのアンテナ電力、100乃至200ワットのバイアス電力、(30〜100)/(30〜100)のBCl₃/Cl₂濃度比、および約10millitorr乃至約50millitorrの範囲内のチャンパ圧力を特徴とする請求項109記載のプロセス。

【請求項111】 フッ素を含有する気体化学組成を用いてタンダステンエッチングすることを特徴とする請求項47記載のプロセス。

【請求項112】 200MHzで200〜500ワットのアンテナ電力、0〜200sccmのSiH₄、0〜200sccmのHe、および0〜200sccmのアルゴンである気体化学組成および10〜100millitorrのチャンパ圧力をさらに特徴とする請求項111記載のプロセス。

【請求項113】 50乃至800MHzで100乃至2,500ワットのアンテナ電力を特徴とする請求項111記載のプロセス。

【請求項114】 50乃至250MHzで200〜500ワットのアンテナ電力、0乃至200ワットのバイア

13

ス電力、0～2000secmのSP₂、0～2000secmのSP₃、および0～2000secmのアルゴンである気体化学組成および約1millitorr乃至約10millitorrの範囲内のチャンバ圧力をさらに特徴とする請求項11記載のプロセス。

【請求項115】 EBr、Br₂、BeおよびBF₃の1つ以上から選択される気体化学組成を用いて単結晶シリコンを異方性にエッチングすることを特徴とする請求項47記載のプロセス。

【請求項116】 50乃至800MHzで100～250ワットのアンテナ電力、0乃至500ワットのバイアス電力、約1millitorr乃至500millitorrの範囲内のチャンバ圧力をさらに特徴とする請求項115記載のプロセス。

【請求項117】 該シリコンを異方性にエッチングするための、50乃至250MHzで300乃至700ワットのアンテナ電力、50乃至200ワットのバイアス電力、EBr、Br₂、BeおよびBF₃から選択される1つ以上の気体を含む気体化学組成、および約10millitorr乃至約50millitorrの範囲内のチャンバ圧力を特徴とする請求項116記載のプロセス。

【請求項118】 300～700ワットのアンテナ電力、約100ボルトの陰極ヒューズ電圧を設定するための50～150ワットのバイアス電力30～1000secmのEBr、0～2000secmのSP₂、0～1000secmのSP₃、0～1000secmのヘリウムおよび0～2000secmのSF₆である混合気体、および10～50millitorrの圧力を特徴とする請求項117記載のプロセス。

【請求項119】 エッチングされる材料はタングステンチタンおよび窒化チタン化合物から選択されることを特徴とする請求項47記載のプロセス。

【請求項120】 エッチングされる材料は酸化物とアルミニウム材料との間に挟まれるタングステンチタンおよび窒化チタン化合物から選択される陰極層であることを特徴とする請求項47記載のプロセス。

【請求項121】 アンテナ周波数は50乃至800MHzであることを特徴とする請求項118記載のプロセス。

【請求項122】 エッチングされる材料は酸化物とアルミニウム材料との間に挟まれるタングステンチタンおよび窒化チタン化合物から選択される陰極層であり、アンテナ電力は50乃至250MHzの300乃至500ワットであり、下部バイアス電力は100乃至200ワットであり、気体は10乃至1000secmのEBr、0乃至2000secmのSP₂および0乃至2000secmのSP₃を含む、チャンバ圧力は5乃至50millitorrであることを特徴とする請求項47記載のプロセス。

【請求項123】 アルミニウム上に酸化ケイ素の層を付着する第1の段階と、酸化物付着を継続しつつ同時に付着する酸化物とその付着速度より低いエッチング速度

14

でスパッタエッチングすることによってスパッタフアセット付着を行う第2の段階とを特徴とする請求項49記載のプロセス。

【請求項124】 50乃至250MHzで500乃至250ワットのアンテナ電力を特徴とする請求項123記載のプロセス。

【請求項125】 第1の付着段階は、50乃至250MHzで500乃至250ワットのアンテナ電力、低い陰極ヒューズ電圧を設定するための低圧ゼロに等しい下部バイアス電力、シリコン含有気体および酸素である気体、1乃至30millitorrのチャンバ圧力、および300乃至400℃のウェハ温度を適用することを特徴とし、第2のフアセット付着段階は、約200乃至600ボルトの陰極ヒューズ電圧を設定するために200乃至1000ワットの下部バイアス電力を印加し、かつ同時に付着されるエッチングと合わせての応力の付着をもたらすために400乃至800secmのアルゴンを添加することを特徴とする請求項124記載のプロセス。

【請求項126】 第1の付着段階は、1乃至2KWのアンテナ電力、および30乃至1000secmのシグナおよび30乃至2000secmの酸素である混合気体を利用し、第2のフアセット付着段階は、400乃至800secmのアルゴンを添加することを特徴とする請求項125記載のプロセス。

【請求項127】 付着速度に対するスパッタエッチング速度の比は、ウェハの形状を平坦化するように選択されることを特徴とする請求項126記載のプロセス。

【請求項128】 結合手段は、円筒電磁エネルギーをチャンバ内に結合することを特徴とする請求項1記載の装置。

【請求項129】 交流エネルギーの電力が陰極ヒューズ電圧を制御することを特徴とする請求項28記載の装置。

【請求項130】 交流エネルギー源の電力は、少なくとも1つの調整可能な電圧ヒューズ電圧および負電圧を維持するために自動的に変化させられることを特徴とする請求項29記載の装置。

【請求項131】 気体は酸化物をスパッタエッチングするための非反応性気体を含むことを特徴とする請求項57記載のプロセス。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【関連出願へのクロスリファレンス】 本出願は、発明者Collins の名で1990年12月3日に提出された「UP/F/VHF共波アンテナ装置を用いたプラズマリアクタ及び方法」という題の共同出願とされた米国特許出願（AMAT出願番号5252）の一部継続出願である発明者Collins 他を名で1990年7月3日に提出された「UP/F/VHFリテータシステム」という題の共同出願とされた米国特許出願（AMAT出

願番号151-1)の一面断線図である。

【0002】

〔産業上の利用分野〕本発明は、RFプラズマ処理リアクタ、特に、付着するHF(高周波)電磁波を結合させるために共振回路の共振周波数及び高周波(HF)エネルギー源を用いるプラズマリアクタに関する。

【0003】

〔従来の技術〕増大密度の高くなる集積回路形状へと向かう傾向のために、エネルギーの電子衝撃(ボーンバード)すなわち放射による約200-300ボルトといった小さいウェーハダメージ電圧を受けたとき損傷を受けやすい電流的に感応性の高いきわめて小さな微細形状のコンポーネント及びデバイスが生み出される結果となっている。残念ながら、このような電圧は、回路のコンポーネントが極めて集積回路製造プロセス中に受ける電圧に比して数倍の小さいものである。

【0004】密度なデバイスのために製造されたMOSコンデンサ及びトランジスタといった構造は、非常に薄い(厚み200Å)オキシド層(絶縁)ゲート絶縁層を有する。これらのデバイスがチャージアップによって損傷を受ける可能性があり、その結果ゲートは損傷する。これは、表面電荷の中和が、プラズマ電圧又は電流の不均一性による大きなRF変位(電流)電流のため起こらなかった場合に、プラズマプロセスにおいて発生する可能性がある。相対的線ラインといった導線も又、同様な理由で損傷を受ける可能性がある。

【0005】RFシステム

CVD(化学蒸着)及びRIE(反応性イオンエッチング)リアクタシステムといった第1の先行技術に基づく半導体処理システムを考えてみよう。これらのシステムは約10-600kHzといった低い周波数から約1.3、4.0-40.8MHzといったさらに高い周波数に至るまでの高周波エネルギーを使用することができる。約1MHz以下では、イオン及び電子は振動する境界及びプラズマ内に到達した外からの定常状態電圧によって加速される可能性がある。このような比較的低い周波数では、ウェーハにおいて生成される電場シース電圧は典型的に最高1キロボルト以上のピークであり、これは200-300ボルトの共振電圧に比べはるかに高い。約1MHz以上では、電子はなお変化する電界に追従することができる。さらに質量の大きなイオンは変化する電界について遅く、定常状態電界により加速される。この遅延電界内(そして実際のガス圧及び電力レベル)では、定常状態シース電圧は数百ボルトから1000ボルト以上の範囲内にある。

【0006】電場-エネハンスメント(強化)

RFシステムにおいてバイアス電圧を減少させるための好ましい方法には、プラズマに磁場を適用することが関与している。この目的の磁場は電子がウェーハの表面近くの領域に封じ込め、イオン磁束密度及びイオン電流を増

大させ、かくして電圧及びイオンエネルギー源条件を低減させる。比較すると、二酸化ケイ素をエッチングするための非磁場のRFプロセスの例では、13.56MHzで適用されるRFエネルギー、30-150Vリットル半径の非対称システム、80ミリの圧力及び約(8-10)対1の陽極面積対ウェーハ-支持盤面積比が用いられ、約50ボルトのウェーハ(陰極)シース電圧が達成させられる。60ガウスの磁場の適用はバイアス電圧を約25-30パーセント、すなわち800ボルトから約500-600ボルトまで減少させる可能性があるが、一方エッチ速度は約50パーセントほど増大する。

【0007】しかしながら、ウェーハに平行にBの定常場を適用すると、E×Bのイオン/電子ドリフト及び、ウェーハを直交方向に移動するように向けられた付随するプラズマ密度勾配が生ずる。このプラズマ勾配は、ウェーハを横切ったエッチング、着床その他のフィルム特性を不均一なものにする。この不均一性は、微細的には永久磁石の機械的動作によって又は90度回転ずれて直交位相に駆動されている電磁コイル対を用いることによってウェーハの周りで磁場を回転させることによって、或いは倒轉された速度で磁場をステップング又はその他の形で移動させるべくコイル対内の電流を断続的に制御することによって、減少させることができる。しかし、磁場の回転は不均一性を低減するものの、断続的には、ある程度の不均一性が残る。

【0008】さらに、コイル特に2つ以上のコイル対をチャンバのまわりにバーケッセル、コンパクトなシステムを形成することは、特に共通のロードロックをとり囲む群の磁気強化リアクタチャンバからなる多室チャンバシステム及び/又はヘルムホルツコイル構造を用いる場合に、困難なことである。磁場強度及び方向を断続的及び選択的に変える能力をも、しかもコンパクト多室チャンバリアクタシステム内で用いるように設計されている唯一のリアクタシステムは、明開特許(Chen) 6,100,000号(1999年6月27日に発行された共同出願の米国特許)中に開示されている。

【0009】マイクロ波/ECRシステム

マイクロ波及びECR(電子サイクロトロム共振)システムは、プラズマを励起するため、800MHz以上の周波数には、2.45GHzの周波数のマイクロ波エネルギーを用いる。この技術は高密度プラズマを生成するが、電子エネルギーは低く、二酸化ケイ素の反応性イオンエッチングといった数多くのプロセスのための最小反応距離のエネルギーよりも下でありうる。これを補償するため、エネルギー強化用の低周波電力がウェーハ支持盤に与えられてウェーハを通してプラズマに結合される。従って、ウェーハ損傷の確率は、以前のシステムに比べ減少する。

【0010】エッチング又はCVDといった半導体ウェ

17

一八処理のための実質的電力レベルで動作させられたマイクロ波及びRマイクロ波システムは、送電のために大きな導波管を、又高価なチューブ（同調器）、方向性結合器、サーキュレータ及び離散負荷を伴うために必要とする。さらに、市販の2.45 GHzで駆動するRマイクロ波システムのためのR条件を満たすためには、875ガウスの磁場が必要とされ、大きな電磁石、大きな電力及び冷却必要条件が必要になる。

【0011】マイクロ波及びRマイクロ波システムは、容易にスケールアップできない。2.45ガウスに対するハードウェア利用可能である。これはこの周波数が電子レンジに用いられているものだからである。915 MHzのシステムも同様に利用可能であるが、コストはさらに高くなる。その他の周波数については、ハードウェアは容易に又は経済的に入手できない。従って、より大きな半導体ウェーハに対応するためマイクロ波システムを5〜6インチチップアップするためには、さらに高いオペレーションモードを使用することが必要である。より高いモードで動作させることによる周波数帯域でのこのスケールアップは、より高い又はより低い電圧の負荷のいわゆるモードフリップングを要するために非常に密なプロセス制御が必要である。代替的には、スケールアップは、例えば5〜6インチのマイクロ波キャビティについて、プラズマ密度をより広い領域に広げるよう発振する磁場を用いることによって達成することができる。この方法は、有効電力密度ひいてはプラズマ密度を減少する。

【0012】HF送電線システム

発明人 Collins 他は名で1995年7月31日に提出された共同譲渡された米国特許出願第559,847号（AMTA用明細書151-1）はここに参考として内含される。内含されたこの出願明細書は、リアクタチャンプ自体が一部分、マッチングネットワークからチャンバへ高周波プラズマが生成するための高周波入力線路として構成されているような、高周波VHF/UHFリアクタシステムを開示している。この独特の一体化線路構造により、マッチングネットワークと負荷の間の非常に短い距離の必要条件を満たすことができ、さらに50〜800 MHzの比較的高い周波数を使用することができ、こうして、比較的低いイオンエネルギー及び低いソース電圧で商業的に製造できるエッチング及び引出速度を生成するためプラズマ密度に対してRFプラズマ生成エネルギーを効率的かつ制御可能な形で適用することが可能となる。比較的短い電圧は、電気的に悪性の低い小さな幾何形状の半導体デバイスに対する損傷のリスクを低減する。VHF/UHFシステムは、上述のスケールアップ可能性及び出力の制限といったような先行技術のその他のさまざまな欠点を防止する。

【0013】

18

【発明が解決しようとする課題】 上述の論議を考慮して、本発明の1つの目的は、プラズマを生成するために高周波AC（交流）電力を使用するプラズマリアクタ及びその方法を提供することにある。本発明のもう1つの目的は、プラズマを生成するためにVHF/UHFエネルギーを用いるようなプラズマリアクタ及び方法を提供することにある。

【0014】横閉鎖（閉鎖を含む）されたVHF/UHFエネルギーを真空チャンバ内に結合してプラズマを生成するようなプラズマリアクタシステム及び方法を提供することもある。もう1つの関連する目的である。さらに本発明のもう1つの関連する目的は、内閉鎖されたVHF/UHFエネルギーを真空チャンバ内に結合してプラズマを生成するようなプラズマリアクタシステム及び方法を提供することにある。

【0015】本発明のさらにもう1つの目的は、内閉鎖VHF/UHFエネルギーを結合してプラズマを生成しそのプラズマ密度及びイオン電流密度を規定するようなプラズマリアクタシステム及び、磁場（ウェーハ領域）に適用されこの磁場ソースのソース電圧ひいてはイオンエネルギーを規定する補助バイアスを提供することにある。

【0016】本発明のさらにもう1つの目的は、上述の目的を満たし先行技術の欠点を修正するようリアクタ及び付随する数多くの方法の実施態様を提供することにある。

【0017】

【課題を解決するための手段】 一態様において、上述の及びその他の目的を達成する本発明は、プラズマ処理チャンバ及び、例えば真空チャンバ又は他の結合手段との関係において下流に位置づけられた半導体ウェーハといった品物を製造するためのチャンバ内にプラズマを生成するための処理用チャンバ内へ高周波の横閉鎖された電磁エネルギーを結合させるための手段を含むRFプラズマ処理システムを構成及び作動するという形で実施される。

【0018】好ましくは、50〜800 MHzの範囲内にある高周波電力が用いられる。好ましくは、結合手段は、導電性の短絡ループの共振アンテナである。もう1つの態様においては、システムは、中のチャンバを構成する前壁ドーム及び、高周波の電磁エネルギーをチャンバ内に結合するための短絡ループの共振アンテナを含んでいる。製造される品物は、ドーム内、アンテナの平面に露に露出している又はその平面内、又は好ましくはアンテナの下流に位置づけられることができる。

【0019】その他の好ましい態様には、高周波電磁エネルギーの電界成分をチャンバ内に結合させないよう単独アンテナ又はその他の結合手段とチャンバの間に介在させられた導電性シールドが含まれていてもよい。何層に、取巻きアンテナ又はその他の結合手段をとり囲むように位置づけられた高周波反射体が、チャンバ内への高

19

両波エネルギーの材料を振動させている。交流電圧及び制御システムが、標準的にはアンテナの電力よりも低い周波数の交流電圧をウェーハ支持装置に結合し、かくして、高周波電力により行なわれるプラズマ密度制御とは独立して、電圧センス電圧及びイオンエネルギーの制御を行なう。

【0020】電磁誘起は、ウェーハとの関係において下流でのプラズマの位置づけ及び輸送を制御するため、均一な電場面形成の中から選択された、アンテナの平面に打ち交差して制御された誘導場を適用するような周波数又は電磁誘起によって共振されてもよい。同様に、ウェーハを適切に電場を共振除去しながらウェーハ領域にプラズマを局在させるため、ウェーハの近くでチャンバに対して多極力場共振を適用するため、チャンバのまわりに磁石をとりつけてもよい。さらに、ウェーハ支持装置からあらゆる磁場を排除させるため、ウェーハ及びウェーハ支持装置をとり囲んで磁気分路を配置づけしてもよい。

【0021】もう1つの態様においては、好ましくは n を小さな奇数又は偶数の整数としラムダを電磁誘起周波数の波長として、アンテナの物理的長さは、 $n \times \text{ラムダ} / 4$ である。好ましくは、長さは、低モードオペレーション用、例えば $n=2$ 用に選択され、モードはラムダ/2である。このシステム構成によると、低モードオペレーションを保持しながら作動周波数を選択することにより、そのサイズのスケールアップが可能になる。

【0022】網膜状ではないもののその他の特徴態様には、誘導性、容量性及び導電性のインピーダンスから選ばれた結合手段を介して高周波電源にアンテナのインピーダンスを結合させることが行なわれる。同様に、固定、分配、誘導性及び容量性のインピーダンスの中から選択された、アンテナを共振に調整させるための手段も具備されている。現在知られる実態態様においては、アンテナのインピーダンスを高周波電源のインピーダンスに整合するため及びアンテナを共振に調整させるため、可変コンデンサがアンテナ内に内蔵されているか又はアンテナに接続されている。

【0023】もう1つの態様においては、本発明は、中でプラズマチャンバを構成する誘導ドームを含むハウジング；半導体ウェーハを支持するためのプラズマチャンバ内の電極手段；プラズマチャンバに反応体ガスを供給するためのハウジング内の電気二極ドーム；中で真空中を維持するためプラズマチャンバと接続している真空ポンプ送り手段；及びドームをとり囲むほぼ球形のアンテナ。及びプラズマチャンバからの高周波電磁エネルギーの直接境界成分を運動的に分散させ、中に閉ループ境界を誘導するべくプラズマチャンバ内に高周波電磁エネルギーの組成成分を結合するためアンテナとドームの間に置かれた導電性のシールドを含む高周波エネルギー源を含む、プラズマ処理リアクタの構造及び作動の形で実施さ

れる。

【0024】もう1つの方法態様においては、本発明は、材料のエッチング、材料の蒸着、材料の同時エッチング・蒸着及び/又は材料の逐次エッチング・蒸着の中から選ばれた材料の製造を行なうため、チャンバ内にプラズマを生成するべく、処理用チャンバ内に高周波の閉ループ電圧された電磁エネルギーを結合する方法という形で実施される。

【0025】もう1つの態様においては、本発明に従った方法には、真空チャンバ内で電極上に物体を支持する段階；ガスを真空チャンバ内に供給する段階、チャンバに接続してほぼ球形のアンテナを用い、高周波電磁エネルギーを生成する段階；及びチャンバ内に電磁エネルギーを結合しかくして物体上に単数又は複数の材料を製造するためプラズマを生成する段階が含まれている。

【0026】本発明に従った方法には同様に、真空チャンバ内に物体を支持する段階；真空チャンバに気体を供給する段階；チャンバに接続するほぼ球形のアンテナを用い、高周波電磁エネルギーを生成する段階；及び中で閉ループ境界を誘導するためチャンバ内に電磁エネルギーの組成成分を結合し、かくして物体上に単数又は複数の材料を製造するべくガスをプラズマを生成する段階をも含んでいる。さらにもう1つの態様においては、物体は電極上に支持され、プラズマ密度及びイオン密度との関係において電圧センス電圧及びイオンエネルギーを独立して制御するため交流電力が電極に加えられる。

【0027】特定の方法態様としては、ポリシリコン（多結晶シリコン）上に形成された被ばけ物内のコンタクトホールのエッチング及びアルミニウム上に形成された被ばけ物内のパイナールのエッチングを含む酸化物のエッチング；酸化シリコン及びポリシリコンのいわゆる「光」エッチング；高導電性及び高力性酸化物エッチング；ゲートなどのポリシリコン導体のエッチング；フォトリソストリッピング；多結晶シリコンの炭化性エッチング；炭化性フォトリソストリッピング；炭化物及びオキシ炭化物の低圧プラズマ析出；炭化物、オキシ炭化物及び炭化物の高圧等方性炭素（コンフューム）析出；アルミニウム及びタンタルといった金属及びその化合物及び合金のエッチング；及び局所的及び全体的な、又は再処理を伴うスバック・ファセット析出、が含まれるが、これらに限られるわけではない。

【0028】

【実施例】1. 概要

図1は、本発明の閉ループプラズマ供給装置、電磁誘起されたプラズマ供給装置及びその他の態様を使用するプラズマリアクタチャンバシステム10の概略的断面図である。チャンバ内は、一体式送風装置を含む真空同時排気のために含まれている一部排気用抽出口の中に配設したものの電磁誘起である。本発明の発出した特徴はプラズマリアクタチャンバ全体に適用可能である。さ

らに、当業者は以下の点に基づき、リアクタシステムの性能を効率的に高める本発明のさまざまな特長を例々に用いることも可能であり、システムから選択的に削除することもできる、ということが理解できるであろう。例えば、内偏置プラズマ供給部により提供されるプロセス条件は、帯気減圧の必要性を往々にして全く無くする。

【0029】システム例10には、例図12及び上下壁13及び14をもつ無偏置アルミニウム又はその他の適当な材料で形成された真空チャンバハウジングが含まれている。無偏置アルミニウムは、アーク発生及びバックリングを抑制することから好まれる。しかし、複アルミ及びプロセス相性ある重合体又は石英又はセラミックスのライナーといったその他の材料を用いることも可能である。このチャンバは、プロセス性能を高めるため加熱したり又は冷却したりすることができ、上部壁13は、図12-120の間に形成された下部チャンバセクション16Aと、隔壁ドーム17により形成された上手チャンバセクション16Bとの間に中央開口15を有している。ドーム17は好ましくは石英でできているがアルミナ及びアルファ-アルミナ（サファイア）を含む溶融の耐腐蝕材料でできていてもよい。ドームはプロセス性能を高める必要に応じて加熱又は冷却することができる。液体又は気体の加熱媒体を用いることもできる、或いはヌームを直接加熱するための加熱要素を用いることもできる。真空気密チャンバローシャを維持するためさまざまなかみ合い面の間にオリングといったさまざまなシールが置かれている。チャンバハウジング11（チャンバ16）の内部は、真空ポンプ送りシステム（図示せず）に連結された真空ライン21内のスロットバルブ（これは流量と無関係に圧力を調節する）を介して排気される。

【0030】22に概略的に示されているように、標準的には単数又は複数の加熱ガス供給部からコンピュータ制御された流量制御装置（図示せず）を介してチャンバ11に対し反応体ガスが供給され、このガスは、上部壁13の内部に与つけられている又は上部壁13と一体化されたリングガスマニホルド23を通して内部真空処理チャンバ16内に入る。このマニホルド23は好ましくは、高周波RFエネルギーを適用した時点でエッチング及び/又は析出プラズマを発生させるためチャンバ/チャンバセクション16B及び16Aに対しやや上向きな角度を成してエッチングガス及び/又は析出ガスを供給する。ガスは、マニホルドを通しての代わりに又はマニホルドを避けて加えて、プロセスチャンバ内にもたらされてもよい。例えば、不活性ガス又はその他のガスをマニホルド23内にもたらし、その他の反応体ガスを下のプロセスチャンバ内のガス取込み口（図示せず）又は下部マニホルドを介しても込むことが望ましい場合もある。好ましくは、周波数50乃至800 MHzのVHF

／UHFエネルギーといった高周波（HFW）エネルギーが、高周波（HFW）電磁波28による電力供給を受ける又は閉ループのアンテナ25によって加えられ、誘導結合のプラズマ法則によりチャンバ16内でプラズマ形成を発生させる。これは、ウェーハ85を上壁に支持している標準的にはウェーハ支持電極22C及びリアクタチャンバの側壁12、上部壁13及び/又はマニホルド23である第2の電極という2つの電極の間にRF電力が加えられるような従来のRFシステム配置とは対照的である。

【0031】好ましくは、上部チャンバセクション16Bからのガス流は、ウェーハ85の方へ下向きであり、次にウェーハから放射方向外方にポンプ送りされる。この目的で、片側のチャンバ壁12ともう一方の側の外部導電線22Bの間、及び底面のチャンバ壁14と上壁の導電性ポンプ送りスクリーン28の間に、炭素質導電構造22を中心にして、環状炭素質マニホルド33が形成されている。マニホルドスクリーン29は真空マニホルド33とプラズマチャンバ16Aの間に置かれ、チャンバ壁12と炭素質構造22の間の電圧降下220の間に導電性の電気接続を提供している。マニホルド23は、ウェーハ85の周囲から排気ガスの均等な半導方向ポンプ送りを実施するため1つの環状ポンプ送り用通路を構成している。炭素質マニホルド33は、側壁壁14内の単数又は複数のスパーチャ31を介して排気ガスシステムライン21と連結している。全体的なガスの流れは、通路19に沿って炭素質マニホルド23へ、次に上部チャンバセクション16Bから通路34に沿って、ウェーハの周辺部から半導方向外方に通路26に沿って及びスクリーン29を通してガス吐出しマニホルド33内へ、そして通路37に沿って排気マニホルド33から排気システム21へ、である。

【0032】リングアンテナ25は、炭素質高周波（HFW）の電極（28）エネルギーをチャンバ内に結合するためプラズマチャンバ16B及びドーム17に隣接して位置づけられている。誘導結合のプラズマ法則により、エネルギーの密度は28（図12）の間に、閉ループAC（交差）電流及びその結果生じる電磁波39-35を誘発し、これらはプロセスガスを活性化し、かくして比較的低温で低いエネルギーのイオンを特徴とするプラズマをチャンバ16内に形成する（16）という誘発は集合的にチャンバ16A及び16Bならびにプラズマを誘発する。プラズマは、アンテナの平面内に集中してドーム内に生成され、イオン、電子、中性種及び励起されたニュートラルを含む活性種は、ここで反応されている支配的ガス族によるバルクフロー及び拡散によって、ウェーハの方へ下向きに移動する。同様に、以下に記すように、イオン及び電子をウェーハの方へ抽出するため、適当な電極を使用することができ、オプションとして、好ましくは、ウェーハにおけるプラズマシース

29

圧を選択的に増大してウェーハにおけるイオンエネルギーを選択的に増大させるため、供給線42及びバイアスマッチングネットワーク43を含むバイアスエネルギー入力線41が比較的長周波数(LF)のエネルギーをウェーハ支持部32Cに結合する。

【0033】基本的には底面照射ボックスである反射体44がアンテナを上置及び側面ととり囲んでいるが、底面はとり囲んでいない。反射体は、HFエネルギーが自由空間内に放射するのを防ぎ、かくして効率を高めるべくプラズマ内の出力の放射及び散逸を集中させる。好ましくは、以下に詳述するオープンエンドのフラデーションド46は、プラズマに対する電場結合を可能にするもののプラズマ内での漏洩又は不均一性を引き起こすか又は有電圧性を高いエネルギーへと加速化させる可能性のある電場結合を排除するために、リングアンテナ25のすぐ内側、上及び下に位置づけられる。

【0034】以下にさらに詳述するように、オプションとして、ウェーハ5におけるプラズマの密度を高めるため、静的電磁場を提供するべくチャンバエレクトロダ11に備え、単数又は複数の電磁石47、47又は永久磁石が取り付けられる。蓋するに、本装置は、不均一性を誘発するHF電場成分をチャンバ内に結合させることなく又損傷をひき起こす可能性のあるRFエネルギーをウェーハ5を通して結合させることなく、高密度及び比較的低いエネルギーを特徴とするプラズマを生成するためにチャンバ内面に用いる電場を誘導するべく、標準的に500MHz乃至800MHz(オプションのバイアスエネルギーに比べると高い周波数であるが標準的にマイクロ波又はマイクロ波ECR周波数に比べるとはるかに低い)といった、排門(狭帯域内を含む)帯域された比較的高い周波数の電磁エネルギーを使用している。好ましい図示された下流プラズマ供給配置においては、 s/ω 波はウェーハから遠くで高いプラズマ密度で完全に吸収され、波がウェーハまで達しないようになっておりかくして損傷の確率を低く保ちようとしている。選択的に又オプションとして、ウェーハシース電圧を増大させひいては必要に応じてイオンエネルギーを増大させるため、ウェーハ支持部32Cに対しては比較的長周波数(LF)の電場電流バイアスエネルギーが加えられる。

2. アンテナ

リングアンテナ25は、好ましくは円形であるが、円形及び多角形領域を含むあらゆる形状。好ましくは導電性の領域が可能である。単導体領域が好ましいのは、それが小さいサイズのものであり(少量のプラズマが誘起される)又それがウェーハの平面に対しほぼ平行な一平面内に円形領域を誘導し、誘導されたE(電)界の軸方向成分を誘導する可能性を低くからであるが、サイズ(誘起される電)を最小限におさえるため好ましくは数導体のみの多導体らせん構造を用いることができる。同様に、プラズマ体積を拡張するのに、多数の導体アンテナ

30

の山を用いることもできる。おおよそで誘起又は共振周波数ラムダの4分の1波長の誘起周波数($n = \text{ラムダ}/4$ 、なおここで $n = 2, 4, 6$ 等々)であるか又はラムダの4分の1波長の誘起周波数($n = 1, 3, 5$ 等々)のいずれかである共振長(閉路)が選ばれる。好ましくは、より低い又はより高いオペレーションモードへのモードフリップングによるプロセスの変化を防ぐため、共振モードオペレーションが選択される(n —好ましくは1、最も好ましくは2の小さい整数)。

【0035】アンテナの端部は、開閉、短絡接続又は導導又は共振領域のいずれかにより、アースを基準にしている。例えば、両方の端部を直接接地してもよいし、一方を接地しもう一方の端部を浮いてもよい。現在好ましい構造には、電圧ビークが端部におけるゼロから中央における最大値まで変動するように、両端を接地した状態で半波長の周期性($n \text{ ラムダ}/4$ 、 $n = 2$)が含まれる。この最低位置の半波長のオペレーションモードは、モード変化やフリップングの無い信頼性の高いオペレーションを提供し、ビーク電圧値がアンテナの両端に沿って連続した形で変化することからアンテナにおけるアーク発生の確率を低減させる。

【0036】同様に、システムの周波数は、好ましい長さラムダ/2についてオペレーションモードを増大させることなく、3/2インチ乃至2インチの範囲にわたるチャンバ18Bの直径のスケールリングを可能にするべく、50MHzから800MHzまで変化させることができる。特に、システムは、上述の範囲内で周波数を減少させ低モードオペレーションを選択しかくしてオペレーションモードの増大に付随するモードフリップング及びプロセス変化の可能性を無くするという単純な手段により、電磁モードを変えることなく、半導体産業が好む増大々々々なる直径のウェーハを収容すべく、向上にスケールリングすることが可能である。

【0037】アンテナは、温度と共に増大する固有抵抗をもつ導体に付随する損失を低減するよう制御された液体(液体又は気体)であってよい。例えば、管タイプのアンテナの片端内へ及びも一方の端部から、冷却剤を流すことができる。アンテナを駆動する電圧26の高周波数はそれでもマイクロ波又はマイクロ波ECR帯域分野で用いられる周波数よりもはるかに低いことから、より低い固有抵抗でより安価な給電により作動させられるオプションのより小さい磁石を、付随するより小さい給電で使用する事ができる。さらに上述の説明により明らかなように、25Cといった同軸ケーブルを電磁波の代りに用いることもできる。さらに、その他の電磁波又は電磁誘導されたシステムにおいてE×Bの電子ドリフトによりより速く起こされるプラズマ不均等性にては存在しない。これは、適用される磁場(アンテナ25を介して適用されたHF界の電場成分及び磁石47により適用されたあらゆる静的磁場の両方)が磁極での

25

電界にほぼ平行であるからである。従ってシステム内にはE×Bのドリフトは全く無い。

【0038】高い導電性をもつ材料で形成された電気分路を、ウェーハにおいてではなく供給源(上層チャンバ16A)内で回路を許容するために用いることができる。オプションとしては、多層カスプ磁気軸をチャンバの壁において生成するため、永久磁石又は超導磁石を下層チャンバ16Aの壁のわりに多層配置で、磁率的にはN-S-N-S・・・N-Sの互換配置で置くことができる。磁石は、例えば垂直磁石であってもよいし、或いは好ましくは水平リング磁石であってもよい。このような磁石は、ウェーハに損傷を受けさせることなく、壁に対する電子損失を減少させることでプラズマ密度を強化するのに用いることができる。

3. 共振アンテナ

原理的には、アンテナ25は、(1)固有共振により、すなわち固有の共振波長で共振するべくアンテナを作ることによって；(2)アンテナと共振するように共振器の共振波長を調整させることによって；又は(3)共振を調整するためアンテナに接続された図2の同調回路49のような別々の共振用共振器によって、共振に共振される。例えば、図2の共振器49は、可変的対アース・インダクタンス又は対アース・コンデンサであってもよい。図2を参照すると、現在好まれているケースにおいて、図2の共振器49は、アンテナの固定プレートであり、プレート間の間隙及びキャパシタンスを調整させるアンテナを共振に調整させるためモータ付きリニアアクチュエータ上に可動プレート48が取り付けられているような可動プレートのテフロンの電コンデンサである。

【0039】代替的には、介在キャパシタンスを調整させるためアンテナ25との間隙において垂直にシールド44を動かすことができる。ここで、調整器及び調整器同調が共振周波数を減少させることに留意されたい。従って、キャパシタンス又はインダクタンス同調調整を用いた場合の共振周波数の減少に対応するために、調整される最高の共振周波数に合わせてシステムを調整することが望ましい。

【0040】自動同調が好ましく、同調/負荷変数を制御するためにインピーダンス変換/絶対値検出器を用いてこれを実施することができる。代替的には、同調及び負荷変数を制御するために、反射パワーブリッジ又はVSWRブリッジを用いることができる。

4. 基板

図1及び図2を参照すると、アンテナをRF発生器26及び接続用同軸ケーブル280Cのインピーダンスに一様させるために、導電性の層又は基板型調整技術が用いられている。例えば、アンテナに沿って50オーム又は300オーム又はその他の発生器出力インピーダンスの範囲で又はその近くでアンテナに対してタップ又はワイパをオーム接続させることができる。代替的には、ア

26

ンテナ上の発生器出力インピーダンス点50(図2)に、可変的インダクタンス又は可変的コンデンサを接続することができる。図2を参照すると、現在好まれている配置において、可動プレート型テフロンの電コンデンサが用いられている。固定プレート48Fは、発生器出力インピーダンス点に接続され、同軸ケーブル接続された可動プレート48Mは、プレートの端部及びキャパシタンスを調整するため、モータ付きリニアアクチュエータ(図示せず)上に調整されている。インピーダンスマッチング(整合)は供給源内に組み込まれているため、マッチングネットワークは必要でない。

5. チャンバ構成

図1上で軽く示されたように、さまざまなチャンバ構成及びチャンバ・アンテナ配置を使用することが可能である。例えば、チャンバは上にプレート又はウインドウの覆われた円筒形のものであってもよい。ウインドウはアンテナの下及びアンテナに接続して位置づけることができる。現在好まれている構成及び配置には、側面又は上面のすぐ上でアンテナ25がチャンバを形成している状態である。図2のインピーダンスチャンバ17が含まれている。

6. 絶縁シールド

図示されているように、アンテナ25は、付随する接地点上に集まっている。絶縁シールド又は反射ケーシング44は、上面及び側面(その両方の壁のわりの360度)でアンテナをほぼ完全に囲み込み、アンテナのすぐ下でのみ開放している。このようにして、自由空間内への出力の放射が防がれ、その結果、出力の放射及び散逸は、全体にアンテナの下及び側面方向にはその両側面にあるチャンバプラズマ16及び16A内に集中されることになる。図3に示されているように、絶縁シールド44の上面、側面及び底部とアンテナ25との間の距離d1、d2及びd3は好ましく、調整された反射の割合と結合とを囲み構造又は領域が共振共振体として作用するような壁状でない共振条件を誘導ため、4分の1波長よりも小さい(d1、d2、d3<λ/4)。

7. フェラディシールド

フェラディシールドのさまざまな構成が可能であるもの。現在好まれている最も単純な構成は、図1に示されている外向きにフランジのついた導電性のオープンエンド型シリンドリカル構造48である。好ましくは、シリンドリカル7は、上から下へ1本のスリット又はその他の不連続性を有しているか、又は分割されているか又は多数のスリットを含む。この単純又は複雑の不連続性は、うず電流損失を減少させる。

【0041】オープンエンド型構成により、アンテナ25からの電波の放射方向指向の偏置成分は、プラズマ39を生成するアンテナの平面内でその平面に平行な導電性層39を誘導することが可能となる。しかしながら、シールド39は、直接放射成分をアースに電磁的に分離し、高周波数の電磁エネルギーの直接放射成分がプ

フスマに結合するのを防ぐ。シールド4が覆われれば、アンテナに導いた変化する電圧は、荷重の歪曲結合についてマックスウェルの方程式に準ってプラズマに結合し、プロセスの不均一性や高エネルギー荷電粒子といった悪果をもたらすファラデーを覆っているエネルギー及びプラズマ密度の空間的分布と不均一性を増強する。彼らの序で読まれたファラデーの法則は、表面を流している変化する磁場がその表面内の閉路をたどって電界となり磁束を流らすことを必要とする。最も多量の現象を起しているマックスウェルの方程式は、読まれた電界のうちの磁束の電化の負の時間速度に正比例するということが導出している。

【8042】正統教義については、轉導されたEのうちは、変化する外界のラジアン周縁面ならびにそのピーク距離に對し正しく対応する。變化する、分配されたEは互に分離されたフッダーチェーンヘッドはすなわち濃濃度を低減し、プラズマを生ずる濃くフッダー境界を弱めるをたゞプラズマに對し高周波数の線方向指向の電子と磁場を結合することを可能にするが、プラズマに對する標準C（これはアンテナに到つて変化する）の直接放射を排除し、従つて、そこから高エネルギー荷電粒子のためのプロセス均等性及びプラズマ均等性の付随する損失をことごとく排除す。

8. 总结

上述のように、單磁又は無磁の（好ましくは少なくとも2つの）永久磁石又は電磁石47-47g、アンテナ25の平面及び絶縁高周波数のRF放射アンテナにより誘導された境界39の面力に直交した及びこれとの同方向を運ぶ特約な一般に軸方向の磁界を構成している。好ましくは、均質、発散又は収斂線と異なり3つの場タイプの1つが用いられる。

【0043】図4(A)を参照すると、ウェーハ8に対し直交して適用された均質磁場の均一な磁束5が、磁束に対する電子の動作を創発している。イオンは高周波電磁場に誘発することができないことから、イオンは電子不足に適応し、ウェーハとのプラズマ内に閉じ込められる。最大の効率を得るためには、この及びその他の熱肉組織を、高周波電磁場との位置に調整することができ、すなわち、 $\omega_{pe} = 2\pi f$ $F = B e / \hbar$ 、ここで B は磁束密度であり、 e 及び \hbar はそれぞれ電子の電荷及び普郎克である。

【0044】図2では、軸方向に発散する場52が示されている。磁気モーメントの発散により、磁場の軸方向勾配は円形導電エネルギー平面より遠く遠く方向に急激に、電子が電子オンを、より強い領域からより弱い領域へと駆動する傾向をもつ。発散する磁場を用いてプラズマ発生領域から電子が電子オンを押し、プラズマをウェハーに集中させることができる。

【0045】図4 (C) 及び図4 (D) を参照すると、それぞれ離れ出しているつまり助成する組織53 (図4

(C)及びカスプ形のつまり相対する第54(第4(D))が示されている。これらのいわゆる「縦磁鉄」場の各々の効果は、磁方向に隣接する場の効果と似ている：すなわち共振磁子は、比較的強い磁場域(ここでは端部)から比較的弱い中央領域に向かって移動される。

【0146】组织的に暴発又は裂開の進行を促進する一方向の磁石又は運動する磁石により遠隔にある層の温度を選択的に変化させることで、ウェーハにおけるプラズマの密度を増大させるため制御された層で提供される均一、発散又は収束磁場の場が形成される。磁気加熱の場合、最大のプラズマ密度増加のために好ましいウェーハ位置は、最大のプラズマ密度増加に提供されるようパルス又はカスプにあるか又はこのすぐ近くである。

【0047】 プラスマの生成を低減するものウェーハにおける微塵を除去するため、アンテナの平坦性に難方向性を活用することによって望ましい性能もある。高い感度率をもつ材料（例えば鉄線のための銅又はニッケルといったもの）の選択がノイズを磁石及びアンテナ平面の下のただしウェーハの下に付着させることもできる。オプショーンとしては、交互の微塵層でリングズは毎層を構成することにより、下部ジャンパ領域内で多層化し込めを用いることができる。

5. 制御システム

ここで、以下の説明は、図5に示されている制御システムを参照しながら行われる：

200

10

れた方向性結合網により調整される。

200451

Pf : 附錄

121: インビーズ

収録 : インディーズの音楽

700 : 1000

[illegible]

38 : 24

2000 1000 500

図5は、電線を含むさまざまな構成要素を制御するためのシステムの一例がブロック図プログラムである。ここではシステム構成図5-0が、アンテナ電線5-1、インピーダンスブリッジ5-2、アンテナ25、パイアス電線5-4、インピーダンスブリッジ5-5、マッチングネットワーク5-6および線路5-2にインターフェイスされている。イオン束密度及びイオンエネルギーのために選択されたプロセスパラメータアンテナ電流及び導流パイアス電、制御電線5-0に対して入力として供給される。制御電線5-0は同時に、ガス流、チャンバ圧力、電極又はウェーハ温度、チャンバ温度その他といったその他のパラメータをも制御することができる。制御電線5-0は、アンテナ25に接続された15個及び、

29

sp₁ ライン上で信号を発生することにより、同期回路、負荷、条件を予め設定することができる。制御回路500は同期に、マッチングネットワーク506に接続されたTab₁及びLsp₁ ライン上で信号を発生することにより同期回路、及び負荷、条件を予め設定することができる。簡単に、これらの条件は、プラズマ源部(ガス供給)を制御するように入力される。電力はまずアンテナ25より放電される2つのいずれかに適用されるか或いは又両方に同時に適用されてもよい。制御回路はFsp₁ ライン上でアンテナ電源504へFsp₁ ライン上でバイ

アス電源504へ同時に又は逐次的に(いずれかの順序で)電力を送る。[0049]電子なだれ降伏は、気体中で急激に発生しプラズマを生成する。制御回路500は、アンテナ25へ及びアンテナ25からの順方向電力(P₁)及び反射電力(P_r)を監視し、陰極32へ及び陰極32からの順方向電力(P₁)及び反射電力(P_r)を監視する。電圧バイアス(陰極対陽極電圧)も又、指示されているように制御回路500により監視される。制御回路500は、(a)順方向電力P₁及び反射電力P_r又は(b)インピーダンス絶対値|Z₁|及びインピーダンス位相<phi₁>のいずれかに基づいてラインTsp₁及びLsp₁上で設定点を発することにより、アンテナ回路、及び負荷、パラメータを調整する。ブリッジ505はインピーダンス絶対値と位相角についての情報を制御回路に提供する。アンテナ25は、反射電力Prがほぼゼロであるとき及びインピーダンス(絶対値及び位相)|Z₁|<<|phi₁|がアンテナ電源出力インピーダンスの複素共役である場合に適合される。(ゼロ反射電力条件及び共役インピーダンス条件は同時に発生する。従って、反射電力を最小化してもインピーダンスをマッチングしても、結果は同じである。代替的には、VSWR(電圧定数比)又は反射係数を最小限におさえることもできる)。制御回路500は、(a)順方向電力P₁及び反射電力P_r、及び(b)インピーダンス絶対値|Z₁|及びインピーダンス位相<phi₁>のいずれかに基づいてFsp₁及びLsp₁ライン上で設定点を発することにより、陰極32及びマッチングネットワーク506同期、及び負荷、パラメータを調整する。ブリッジ505は、制御回路500に対してインピーダンス絶対値|Z₂|及び位相<phi₂>についての情報を提供する。マッチングは、アンテナマッチングと同様に、反射電力Prが基本周にゼロである場合及びインピーダンス(絶対値及び位相)|Z₂|<<|phi₂|がバイアス電源504出力インピーダンスの複素共役である場合に起こる。直流バイアスは制御回路500により監視され、この制御回路は望ましい設定された直流バイアスを得るためバイアス電源の出力電力を調整させる。制御回路500は、直流バイアスの値未決の値から直流バイアスの設定値を引く。その差が負である場合、バイアス電源504出力は増大される。その差が正

である場合、バイアス電源504出力は減少される(より高いバイアス電源504出力は、さらに後の直流バイアスを生成する)。この方法に従って、比例、比例-積分又は比例-積分-微分制御又はその他の制御をこの方法に従って使用することである。

[0050]代替的には、一定の直流バイアスを供給するべくバイアス電源504出力を調整する時または実際陰極の代りに、一定のバイアス電源504出力を用いることもできる。制御回路500は、中央制御装置であっても、或いは又複数の制御装置の分散型システムであってもよい。

10. 実施例図3.2

参考として示した私の米国特許出願明細書第559,947号に詳しく述べられているように、高周波電圧/電流線設計は、マッチングネットワークからウェーハまでの低特性インピーダンスの短い定電線を通じてのフィード及び定電線に於いての戻り路の両方を必要とする。この設計上の必要條件は、陰極32C、同心状電線320及び、陰極32Cを取り囲み陰極を同心状電線320から絶縁し、そうでなければ降伏する可能性のあるプロセスガスを排除させるような非多孔質低抵抗棒321を含む、図1に示されている一対の環状電線構造32によって満たされる。例えば、チタニウム又は石炭材料は、高い誘電率、低い誘電定数及び低い損失を有することから好まれる。この構造の入り口は、図2に最も明確に制御マッチングネットワークに接続されている。絶縁された陰極32C及び外部電線320は、マッチングネットワーク43とプラズマ16の間に閉じた電磁回路を提供する。1つの可能な電磁回路はマッチングネットワークから陰極32Cの外周に沿ってチャンパ(電極)表面にあるプラズマシースまでである。図2の可能な回路は、プラズマ16からチャンパ12の上壁の上蓋シグメントに沿って、次に導電性表面マニホールドスクリーン39に沿って外部電線320の内径を介してマッチングネットワークに至るまでである。プラズママニホールドスクリーン29は、均等な半径方向ガスパンプ送りシステムの一部であり、又RF電流のための戻り路であることに留意されたい。

[0051]交流エネルギーの適用中、RF電流回路は、示されている方向と逆方向の間で交替する。電磁線構造32が同軸ケーブルタイプの構成のものであるため、又さらに簡便的に言ると、陰極32Cのより高い内部インピーダンス(その外周と陰極における)及び電線320の外周表面に向かつてのより高いインピーダンス(その内径表面との間隙における)のため、RF電流は、陰極32Cの外周表面及び外部電線320の内径表面へと電流の表面近くで集中させ、電流密度がRF電流を減少させる。例えば、直径4-8インチのウェーハといった大きなウェーハ及びそれに比例して大きな直径の管

31

種32で及び大きい直流の外部導線320の使用は、送電線構造に於て大きな有効断面、低インピーダンスの電流通路を提供する。

【0052】同様に、同軸タイプの送電線構造32がその特徴的インピーダンスに等しい純抵抗で接続されたらば、マッチングネットワークはそのとき送電線の長さの如何にかかわらず一定のインピーダンス Z_0 を見ることになる。しかしながらここでは、プラズマは一定電圧の印加及び電流にわり作動しておりしかもプラズマが送電線32の導線に示す負荷インピーダンス Z_L を無効的に変化するような異なるガスを含んでいることから、これに適合しない。負荷 Z_L は、理想的でない(すなわち無損失でない)送電線32から不整合されているため、送電線上に存在する定在波は、送電線とマッチングネットワーク31の間の抵抗、誘電などの損失を増大させることになる。マッチングネットワークを用いてあらかじめ定在波及びそれに続くマッチングネットワークの入力端から導線又は導線320への損失を減らすことも可能であるが、マッチングネットワーク、送電線フィード32及びチャンパ内のプラズマは、送電線32とマッチングネットワーク43間の抵抗、誘電などの損失を増大させる共振システムを構成する。要するに、負荷インピーダンス Z_L は、損失と不整合とせられることになるが、損失は2:1程度のとき最小である。

【0053】負荷不整合による損失を軽減するためには、同軸タイプの送電線構造32は、プラズマ管に付随する負荷インピーダンスの範囲に最もうまく適合された特徴的インピーダンス Z_0 を有するように設計されている。標準的に於て、上述の短波パルメータ(例:約5~50GHzのバイアス周波数範囲)及び材料の特性、プラズマによって送電線に提示される異方性(例:RC負荷インピーダンス Z_L は、1オームから30オームまでのだいたいの範囲内の抵抗及び50ピコファラドから数ナノまでの範囲内のおおよその範囲内のキャパシタンスを含むことになる。従って、最悪なものとして、負荷インピーダンス範囲すなわち約10オームから50オームの範囲内に集中するような送電線の特徴的インピーダンス Z_0 が選択される。

【0054】マッチングネットワークが見るプラズマインピーダンスの形成を避けるためには、送電線32が非常に短かいものであることが必要である。好ましくは、送電線は、1/4波長すなわちラムダ/4よりはおおよそ小さく、さらに好ましくは約(0.95~0.9)ラムダである。さらに一般的に言うところ、負荷に対し1/4波長よりはおおよそ小さい距離のところにマッチングネットワークを位置づけることが不可能である場合、半波長の整数倍長さ $n=1, 2, 3$ 等々(ラムダ/2;ラムダ;3/2ラムダ等々)に等しい送電線長さを用いることによりインピーダンス変成に付随する半波長の周期線を利用する。さらに厳密に言うところ、好ましい値は、ラムダ/

32

2から(ラムダ/2+0.5ラムダ);ラムダから(ラムダ+0.5ラムダ);3/2ラムダから(3/2ラムダ+0.5ラムダ)等々である。このような条件の下では、1/4波長セクション(又はこれを寄与としてラムダ/4)が $Z_L=Z_0/2$ となるように2:1を達成(ここでは、は標準的に小さい)かくして非常に大きな Z_L を生ずることから、マッチングネットワークは、1/4波長の整数倍長さ(1/4ラムダ;3/4ラムダ;5/4ラムダ)のところに位置づけられてはならない。このときこのマッチングネットワークはプラズマ負荷と整合で、発振できないシステム共振及びワット損失無しにプラズマに電力を結合することは非常にむずかしいことになる。

【0055】同様に、電力を効果的に結合するためには、戻り導線320の内径(断面直径)は中心導線32Cの外径(断面直径)よりもはるかに大きいものであってはならない。要するに、チャンパは、マッチングネットワーク31からプラズマ32へ電力を結合する送電線構造を含む。この送電線構造は(1)好ましくは、両端の両端部における1/4波長に比して非常に短いが、あるいはまた部分的には半波長の整数倍には無関係に、かくしてプラズマインピーダンスの望ましくない変成を防いでいる; (2) プラズマとマッチングネットワークの間のライン上の定在波の存在による損失を抑制するように選択された特性2:1を有する;そして(3)中心導線のものよりもかなり大きい外側導線断面形状を用いている。

11. 本発明の特長

本発明の好ましい特長は、一定の電圧(ウェーバ)シース電圧を維持するため自動的に「ボトム」電力を調整させることにある。さきで非対称なシステムにおいて低電力(<500mW)で、共振において選択された直流バイアスは、陰極シース電圧に近い値である。ボトム電力は、一定の直流バイアスを保つべく自動的に変化する可能性がある。ボトム電力は、プラズマ密度及びイオン電流密度に対してほとんど影響を及ぼさない。トップ又はアンテナ電力は、プラズマ密度及び電圧密度に対して非常に強い結果を及ぼすが、陰極シース電圧に対しては非常に小さい影響しか及ぼさない。従って、プラズマ及びイオン電流密度を規定するにはトップ電力を又陰極シース電圧を規定するにはボトム電力を調整することが望ましい。

【0056】リアクタンスシステム10内に含まれることのできる特長としては、真空マイクロ波7の内径及び/又は外縁部を一定の値以上又は以下に保つては又一定の範囲内に維持するための液体伝導体の使用;陰極32を加熱又は冷却するための固体伝導体の使用;チャンパの壁12又は上部13を加熱又は冷却するための液体伝導体の使用;陰極32Cの抵抗加熱;ウェーバ15と陰極32Cの間の気体伝導体の使

33

用；及び図32Cにウェーハを締めつけるための機械的又は静電的手段が、含まれるが、これらに限られるわけではない。このような特長は、本書に参考として開示された1989年10月10日発行の共同譲渡の米国特許第4872, 4977号及び1989年6月27日発行の共同譲渡された米国特許第4,842, 683号に開示されている。

【0057】本発明に基づくプラズマリアクシステムは、従来通りの方向性つまり垂直方向に、基板5が電極32（陰極）の上にもアンテナが電極32の上方に配置づけられた状態で、図1に示されている。垂直上、アンテナ25に供給される電力を「アンテナ」又は「トップ」電力と呼び、電極/陰極32に供給される電力を「パイアス」又は「ボトム」電力と呼ぶ。これらの表面及び名称は、垂直上のものであるが、開示されているシステムを逆転させた場合でも電極32を上にしてアンテナをこの電極の下方に位置づけられた状態で構成することも可能であり、或いは変更無しに水平方向といったその他の方向で方向づけすることもできる。従って、このリアクシステムは方向性とは無関係に作用するのである。逆転構成においては、プラズマはアンテナ25で生成され、明細書に開示されているのと同じ状態でアンテナの上方に位置づけられた基板5まで上向きに輸送される。すなわち、活性種の輸送は、気流及びバクフローにより起り、オプションとしては軸方向気流をもつ磁極によって補助される。このプロセスは、電力に存在してゐるが、従って、方向性による影響が比較的少ない。逆転した方向性は例えば、気相内のプラズマ生成領域内又は表面土に形成された粒子が基板上に落ちる確率を極低値におさえるのに有効であり得る。このとき重力はこのような粒子が最も速いもの以外全てを重力による電位の傾斜に対し上向きに基面表面まで移動させる確率を減少させる。

【0058】本発明のチャンバの設計は、高低両方の圧力でのオペレーションに有効である。ウェーハ支持機構32Cとアンテナの平面間の距離は、高低両方のオペレーションに合わせて調整することができる。例えば590ミリメートル〜5000ミリメートルの高圧オペレーションは好ましくは、はるかにセンチメートルの間隔を用い、一方0.1ミリメートル未満〜500ミリメートルの間隔内の低圧オペレーションの場合d>5センチメートルの間隔どりが好ましいものである。チャンバ6は、図示されているように規定間隔dを内蔵することができ、或いは又は交換性あるいは入れ替え式の目標チャンバセクションといった可変の間隔どりの設計を採用することもできる。リアクタシステム19は、酸化シリコン及び酸化シリコンといったような材料の高低圧装置；二酸化シリコン、酸化シリコン、シリコン、ポリシリコン及びアルミニウムといった材料の低圧高活性反応性イオンエッチング；このような材料の高圧プラズマエッチング；及びウェーハ微細構造の平坦化を含むこのような材

料の同時析出及びエッチングが関与するCVDプロセスエッチングといったプロセスに有効である。リアクタシステム19を従来することのできるこれらの及びその他のプロセスは、本書に参考として内蔵されている。1989年7月31日 Callicott社のもので提出された「平滑化ウェーハ上の微細回路構造の形成に使用するためのVHF/RFプラズマ方法」という題の共同譲渡された米国特許出願明細書（AMAT出願番号151-2）に記載されている。

12. 装置図

本発明のシステムの現在作動中の実施例は、図1及び2に示されたドーム形構成及びアンテナ構成を内蔵している。細かい石炭のペルリジャーチャンバ19は、4インチの直径をもつ、ラムダ/2, 200 MHz、直径8インチのアンテナ25は、アース平面から（下方に）約1インチ間隔どりで覆われて提供され、ドーム形の処理チャンバ19をとり囲んでいる。反共振負荷マッピングは、可動プレートの可動コンデンサ群、図2により供給される。同時に、共振に対するアンテナの共振性微調整は、可動プレート同側コンデンサ49により提供されている。コンデンサ48のプレートは1.14インチ×2.12インチの寸法で、固定プレート49はアンテナの接線導に接続され、可動プレート48Mの間隔どりは、可動プレートを固定プレートに与えられるマイクロメータ（図示せず）により提供される。プレートの間隔距離は、同調された時点で100ミルである。オープンエンド（上部）式のフラダースシルド48はアルミニウム材料で、連続的に提供されている。材料の反射係数ボックス44はd1, d2, d3がラムダ/4という条件を満たす。1キロワット、200 MHzの高周波RFエネルギーを用いたオペレーションは、ウェーハまでアンテナの下部（すなわち下方）約4インチ以内のプラズマを提供する。これはウェーハにおいて下部で1〜2×10¹⁸/cm²のプラズマ密度と10〜15 eV/eのイオン飽和電流密度を提供する。アンテナから下方（下側）約4インチの支持構造上に位置づけられた5インチのウェーハに適用された13, 56 MHz, 200ワットの低周波補助パイアスは、200ボルトの線間スペース電圧を提供する。

13. 方法例

本発明を实践した上述のリアクタは、反共振イオンエッチング（RIE）、高圧プラズマエッチング、スパッタフュージョン及び平坦化を含む低圧化学蒸着（CVD）及び高圧コンフォーマル等方性CVDなどといった幾多のプラズマプロセスのために有効である。その他の応用分野としては、スパッタエッチング、イオンビームエッチング又は電子、イオン又は誘導中性プラズマ供給源として、などが含まれるがこれらに限られるわけではない。

【0059】RIE及び高圧CVDは標準的に幾多60

55

0 ml (ミリトル) の圧力を用いる。酸化プラズマエッチング及び高圧コンフォーマル等方性CVDプロセスは、約500 mlから約500トルまでの圧力で実施される。

(d) 反応性イオンエッチング (RIE)

本発明に従うと、RIEモードで、酸化シリコン、シリコン (単結晶シリコン)、ポリシリコン (多結晶シリコン)、アルミニウム及びその他の材料をエッチングすることができる。この目的のため、高周波電 (電圧) エネルギーは、ほぼ閉ループのアンテナ25によりプラズマに結合される。標準的には、図32 (ウェーハ支持機構又は基板) に対し比較的既開の交差エネルギーが加えられる。望ましいイオン束密度を得るためには高周波アンテナ能力が選択され、望ましい減速シース電圧についてはイオンエネルギーを独立して制御するため低周波交差バイアス電圧が選択される。低圧アプリケーションつまり約0.1〜500ミリトルの範囲内の圧力が慣用的なアプリケーションにおいては、図32又はウェーハシース電圧は図33の単純な減速又はウェーハシース電圧値を制御するのに用いることができる。

【0060】標準的には、有効な高周波電エネルギー範囲は50〜800 MHzであり、好ましい有効範囲は50〜400 MHzであり、最も好ましい範囲は50〜250 MHzである。比較的低い周波数のACエネルギー (バイアスエネルギー) 範囲は10 kHz〜50 kHz、100 kHz〜300 kHz及び5〜15 MHzである。相対する規定のない限り、この番号づけした群の中で以前に規定した周波数及び圧力の範囲は、以下のRIE後に規定されたプロセスパラメータに於ては、有効な、好ましい及び最も好ましい範囲は、一般に表中の範囲1、2及び3に相当する。

【0061】RIEの例1: シリコン層化合物上の酸化シリコン (接触窓エッチング: Contact window Etch)

酸化シリコンのRIEの例1として、下層のシリコン層化合物のゲートに対して酸化物により接触窓を形成することを考える。この応用例はシリコン層化合物もしくは下層のゲート酸化物に対して損傷を与えない、マイクロドレーニングがない、酸化物/層化合物の選択性が高いこと (20/1)、垂直な酸化エッチング断面となること、および高い酸化エッチング・レートであること (通常の酸化物の厚さは1ミクロン以上である) を含む複数の条件を充足するよう考えられたものである。高い選択性のためにエッチング・プラズマにおいておよそ500 eVのイオン・エネルギーを必要とする。

【0062】この分野の熟練者に知られており、酸化物において接触窓のエッチングのために好適な化学作用ガスは主要なエッチング試薬としての高いエッチング率のフッ素を含み、エッチングの選択性を高めるために

39

炭素および酸素化合物ガスを含みうる。用いられるガスを特定するとすると、 CF_4 、 CF_2 、 CF_3 、 C_2F_6 、 C_3F_8 、 C_4F_{10} 、 C_2H_2 、 H_2 、 NF_3 、および SF_6 などが考えられる。好ましいフッ素に対する炭素の割合は $\text{C}/\text{F}=0.1/1$ から3/1であり、水素が含まれる場合、好ましいフッ素に対する炭素の割合は $\text{H}/\text{F}=0.1/1$ から0.5/1である。アルゴンにより好ましい不活性ガスの特長である。なぜなら、それは比較的複雑の大きな、かつ不活性なものであり、RIEプロセスのスパッタエッチング現象に貢献して、垂直方向の異方性を改善するものであるからである。

【0063】 IKw 、200 MHzの高周波パワー (アンテナ) 若しくは「上部」出力電力) 600ワット、13.56 MHzの補助バイアス (「下部」若しくは「バイアス」パワー)、10〜300ミリトルの圧力を用いて、化学作用ガス CF_4 /アルゴンおよびガス比率100 sccm/120 sccmにより、20/1の割合に対する酸化物の選択性で5,000〜7,000オングストローム/分の酸化エッチング率となる。

【0064】表1は上述の例1のエッチング条件を満たす典型的な酸化エッチングプロセスを要約するものである。

RIEの例2: 金属上の酸化シリコン (エッチング穴を介して)

シリコン酸化物のRIEエッチングの例2として、エッチング穴を介してシリコン酸化層から下層のアルミニウム層へ選択性もしくは他の金属層へのエッチングを考慮してみよう。本例においては、決定的な条件として、下層の材料に対して損傷を与えないこと、下層のアルミニウムに損傷がないこと (すなわち、スパッタリングがないこと、垂直な酸化エッチング断面となること、および高い酸化エッチング率であることなどの幾何学的条件を充足する必要がある。これらの目的のために好適な化学作用ガスはフッ素化合物、代的に炭素である。水素も酸化物/フォトレジストのエッチングの選択性を改善するために用いられる。用いられるガスを特定すると、 CF_4 、 CF_2 、 C_2F_6 、 C_3F_8 、 C_4F_{10} 、 CF_3 、 H_2 、 NF_3 、および SF_6 などが考えられる。好ましい割合は $\text{C}/\text{F}=0.1/1$ から2/1であり、Hが存在する場合、 $\text{H}/\text{F}=0.1/1$ から0.5/1である。前述の酸化物の例においても同様、アルゴンが好ましい不活性ガスの特長となる。なぜならば、それは比較的、質量が大きく、RIEプロセスの (酸化) 化合物のスパッタエッチングに貢献し、本プロセスの垂直方向の異方性を改善するためである。

また、低位のカソード・シース (cathodesheath) の電圧は通常300ボルト以下であるが、アルミニウムをスパッタリングしないようだとすることが望ましい。好ましくは、その電圧は200ボルト以下であり、およそ100〜150ボルトが最も好ましい。1.5 eV、200 MHzの上部電力、10〜300ミリトルの圧力、200ボ

37

ルトのカソード・シース電圧を供給するための13.56MHzでおよそ200ボルトの降圧されたバイアス電圧は下部電圧により、75/75/120の流れ率のCF₄/C₂F₆/アルゴン化学作用ガスはアルミニウムをスパッタリングすることなく、4, 0.00-5, 0.00オングストローム/分の割合でエッチングを行う。CF₄, C₂F₆, Ar, C₂F₆, F₂, O₂などの他の化学物質が用いられることは本技術の熟練者に知られておりであり、それらと併々に組み合わせて用いることもできる。

【0065】表2は穴を介してのエッチングに好適なシリコン酸化物エッチングプロセスを説明するものである。表2の代表的なカソード・バイアス電圧は好ましいカソード・シース電圧をもたらしている。

RIEの例3：酸化物スパッタエッチング

表3は第3の非反発的イオンエッチングによる酸化物エッチングプロセス、すなわち酸化物スパッタを行うための代表的な処理パラメータを示している。このプロセスは比較的に非反発であるガス、好ましくはアルゴンを用いて、あらかじめ作り込まれていた膜の再生 (etch back) およびシリコン上にもともと存在する酸化物の除去のために有効である。

【0066】RIEの例4：選択的なシリコン重合体のエッチング（選択的に酸化物につながる重合体ゲートのエッチング）

シリコン重合体のRIEエッチング、特に下層の酸化物層などの酸化物に対する選択的なシリコン重合体のエッチングにはゲートおよびゲート酸化物の内部保護のために損傷がないこと、マイクロレチングがないこと、垂直なシリコン重合体のエッチング断面となること、重合体/酸化物のエッチングの選択性が高いこと（垂直、30対1以上）、適度なエッチング率であること（重合体の除去は2, 000-5, 000オングストローム）により特徴づけられるエッチングプロセスを必要とする。表4を参照すると、これらの目的を達成するための好適な化学作用ガスはハロゲンを含むガス化合物を含む。通常のエッチング速度、すなわち0.7分あたりより高い速度では温度または圧力が好ましい、-40℃より低くなると、フッ素が用いられる。また、垂直エッチングの異方性を高めるために、アルゴン若しくはヘリウムなどの不活性ガスがそのような化学作用ガスに添加されてもよい。重合体/酸化物のエッチングの選択性を改善するために酸素などの他の添加ガスが加えられてもよい。上層のアルミニウム上の酸化物のRIEエッチングにおいてそりであったように、低いカソード・シース電圧（200ボルトより低く、さらには100ボルトより低く、より好ましくは50-100ボルト）が重合体/酸化物のエッチングの高い選択性を得るためには好ましい。

【0067】次のプロセス・パラメータは35/1のシ

38

リコン重合体/酸化物の選択性により3, 000-4, 000オングストローム/分のシリコン重合体のゲート形成エッチング率をもたらすものである。すなわち、共振器のところで動作する500ワット、200 MHzの出力、およそ75ボルトの低いカソード・シース電圧をもたらす、13.56 MHzで100ワットの下部出力、10-15ミリの圧力、80 sccm/40 sccm / (40-40 sccm) の流れ率のエッチング化学作用ガス C₂F₆/Ar/O₂（酸素は選択的なもの）というパラメータである。B₂I₆などの他の塩素化合物が用いられてもよい。

【0068】RIEの例5：アルミニウムエッチング

表5は下層の素子に損傷がないこと、およびアルミニウムの腐食がないこと、そして高いアルミニウムのエッチング率（速度は5, 000-10, 000オングストローム/分）となることと条件で満たすアルミニウムのRIEエッチングのためのプロセス・パラメータを示すものである。好適な化学作用ガスは塩素および酸素化合物であり、それらが単体で若しくは組み合わされて用いられる。アルゴンなどの比較的に非反発的/不活性なガスが腐蝕抑制の目的のために用いられる。塩素と化合した物質によるエッチングの後のアルミニウムの腐食を最小とするために、フォトリソのストリップおよびフッ化アルミニウムによる表面処理が同じ速度または他の速度において施される。

【0069】RIEの例6：単結晶シリコンエッチング

表6は低頻（通常のRFシグナムにおける高いエネルギー密度により引き起こされる格子損傷）がないこと、垂直なシリコンエッチング断面となること、すなわち、高い傾比率（1/w）となるという処理条件に従う単結晶シリコンのRIEエッチングのための代表的な実証的パラメータを示すものである。化学作用ガスはハロゲン化合物を含む、より好ましくは、腐蝕抑制のためのヘリウム、酸素などの添加物（B₂F₆/SiF₄/Ar/O₂/He）と同様に腐蝕抑制のために、酸素およびフッ化化合物（例えば、B₂F₆ + SiF₄、若しくは B₂F₆ + SiF₄ + NF₃）の混合物を含む。

【0070】RIEの例7：タンダスランエッチング

表7は下層の素子に損傷を与えないこととRIEエッチングを行うタンダスランのためのプロセス・パラメータを説明している。このプロセスはRFまたはRFなどのフッ素化合物ガス、そして、選択的にスパッタエッチングの要素を調整させる目的のためにアルゴンなどの不活性ガスを含む化学作用ガスに基づいている。

【0071】RIEの例8：異方性のフォトリソのストリップエッチング

フォトリソの異方性RIEエッチングは例えば、より高純度の素子のために防食物質をパターン配置するために用いられる。プロセスのための条件は垂直エッチング断面となり、下層の素子に損傷を与えないことである。

39

る。表8はRIEを用いたフォトレジストの異方性のパターン化を施すためのパラメータを示している。調湿する化学反応ガスは酸素を含む。選択的に、 C_4F_8 、 SF_6 、および/または SiF_4 などのフッ素化合物を含む。ウェハはフォトレジストが曝露になることを避けるために、低い温度、より好ましくは125℃より低い温度、最も好ましくは75℃より低い温度に維持される。ウェハ保持庫の前後時の装置の説明のところで前述されたとおり、電極/カソード/ペディスタルが必要な温度制御を行うために用いられる。

【0073】異方性の新法は200 mTorr、1 1/2 吋の上部圧力、10〜30ミリの圧力、および50〜100 sccm、 C_4F_8 （選択的なものであるが）が10〜50 sccmの流量率である化学反応ガス、13、56 mTorrで200ワットの下部バイアス、および60℃のカソード電圧を用いてフォトレジスト内にエッチングされる。

RIEの値：解着層のエッチング

チタニウム、タングステン、または酸化チタニウムなどの物質からなる解着層は無化物、アルミニウムなどの物質からなる層の間に形成される薄い層である。例えば、解着層は浸漬された酸化剤における通気孔の形成の際のアルミニウムの損傷、エッチングを防ぐために用いられる。この解着層は酸化剤とエッチングの管で、かつ、アルミニウムへの過度なオーム接合を許容するためにその損傷を減らす前に取り除かなければならない。そのような解着層エッチングプロセスの重要な特徴は例えば、下層のアルミニウムをスパッタリングすることにより、下層の層または層上に損傷を与えないことである。表9は塩素化合物、およびフッ素化合物の構成物を含むハロゲンを含む化学作用ガスのためのプロセス・パラメータを表わしている。

【0073】(b) 光エッチング

いわゆる光酸化エッチングは更なる損傷を与えることなく、無化物またはシリコン化合物などの物質からなる被覆した薄い層を除去するために、主要な酸化エッチングステップの後に用いられる。本光エッチングは低い商業エネルギーを用いて（ウェハ保持庫の電極/カソードのところで）下方向のエッチングを施すことによって、部分的に更なる損傷を与えることなく、損傷部分は除去するという条件を満たすものである。表10はフッ素化合物の化学作用ガスを用いた好ましい光酸化エッチングプロセスを表わしている。表10の光酸化エッチングプロセスはフッ素化合物に代えて、 Cl_2 などの塩素化合物構成ガスを用いることによりシリコン化合物のための光エッチングプロセスに変更される。

【0074】一実施例においては200 mTorr、200〜1、000ワットの上部出力でバイアス若しくは下層出力なしで、10〜50ミリの圧力で50〜120 sccmの流量率の C_4F_8 により、100〜1、000オングストローム/分という低いエネルギーの無化物エッチング

49

レートとなる。

(c) 高圧プラズマ・エッチング

本発明に従えば、シリコン化合物、シリコン化合物、フォトレジスト、および他の物質は高圧プラズマ・エッチング・モードにおいてエッチングされる。基本的な特徴および動作は11章の表8の下第1章のところで前述されたとおりである。特に、高周波のエネルギーが実質的に同じカソード・アンテナによりプラズマに結合される。比較的低い周波数のACエネルギーが必要に応じてカソード（ウェハ保持庫の電極/カソード）に印加されてもよい。高周波のアンテナ出力は所望のイオン束密度を得るために選択され、低周波のACバイアス出力は所望のカソード・シース電圧、そして、イオン・エネルギーを独立に得て制御するために選択される。

【0075】次のようにバイアス出力および圧力を選択することによって、解着層が高圧エッチングの間に可能となる。高圧（1〜50 Torr）および低バイアス出力（0〜200 W）で、このプロセスは等分性若しくは水平方向に異方性となりうる。バイアス出力を増加し、

【0076】1、000 W）および/または圧力を低減する（500 sccm〜1 torr）ことによって、このエッチング・プロセスは垂直方向に異方性若しくは垂直方向に異方性となりうる。一般に、バイアス出力を増加/低減すると垂直方向の異方性を増加/低減することとなり、圧力が増加/低減すると、垂直方向の異方性を増加/低減することとなる。通常、有線アンテナおよびバイアスの周波数は各々、50〜800 mHzおよび10 mHz〜5 mHzであり、より好ましい有効な範囲は50〜400 mHzおよび100 mHz〜300 mHzであり、現在までの最も好ましい範囲は50〜250 mHzおよび5〜15 mHzである。

【0076】高圧プラズマ・エッチング：等分性無化物エッチング

表8はフォトレジスト・パターン設定マスク604を用いて接触層若しくは通気孔601が無化物603を介して下層の導電層602にエッチングされた後に存在する構造を示すものである。無線同調素子がますます小さくなり、それに応じて通気孔601の寸法が小さくなるにつれ、穴を刻み出すことはますます困難となる。図7を参照すると、図7の605のところに示されるように、穴の上部を削ぐることによりアルミニウムの層はより容易となった。削ぐためのステップには水平方向のエッチング要素を有するエッチング・プロセスが必要とする。さらに、このエッチング・ステップは無線同調部分を破壊しないようにすることが望ましい。表11の本プロセスはこれらの条件を満足し、方向の制御を必要とする他の応用物に対すると同様に図7の削かれた応用例にも理想的に適合する。

【0077】さらには、前述のごとく、バイアス出力および圧力はバイアスなしか、またはほとんど低いバイアス

41

で比較的高い圧力(3~5 Torr)を用いた水平方向選択から、バイアスなしから低いバイアス(0~200 W)で垂直圧力(1~3 Torr)による等方向性か、より低い圧力(500 mTorr~1 Torr)でより高いバイアス(200~1,000 W)による垂直方向選択に、エッチングの方向性を変えるために選択される。表1に示されるように、ウェハーの温度はフォトリソが顕微鏡となり、その結果、パターン設定が損失することを防ぐ目的のために、125℃より低く維持される。

[0078] 200 mHz, 1~1.5 KWの上部出力でおよそ1 Torrの圧力、500 secm⁻¹, 0.05 secm⁻¹のRFを若しくは、かつ、およそ60~75℃のアソード温度であれば、等方向性のシリコン酸化エッチング、レートはおよそ2, 500~4, 500オングストローム/分となる。

フォトリソ・ストリッパ

高いフォトリソ・マスクを備くためには関連する集積回路部品に無傷を与えることなく、かつ、エッチング残留物なしの高いフォトリソ・エッチング・レートが必要となる。下部方向のプロセスがより好ましい。表12は主としてフォトリソ・エッチング清浄剤として酸素を含み、選択的にストリッパ・レートを増加させる目的のために酸素を含む。および/または、より好ましくは(アルミニウムの) 表面処理のためのフッ素化合物を含む。化学作用プロセスに基づく好適なプロセスを示している。ウェハーの温度はレジストが溶解になること(resist reticulation)を避けるために300℃より低くなるよう制御される。さらに、表中の第3の例(例3)はフッ素の表面処理を得ようものである。

[0079] 高直下の下部方向のフォトリソ・ストリッパ・プロセスでは200 mHz, 1~1.5 KWの上部出力(バイアス若しくは下部出力はなし)、およそ1 Torrの圧力、 Q_0 が800~1,000 secm⁻¹, N_0 (選択的なものであるが)が100~200 secm⁻¹, CF_4 (選択的なものであるが)が0~100 secm⁻¹の流量率のエッチング用化学作用ガス、および100~200℃のカソード温度(ストリッパ・レートは温度に依存する)により、当量あたり1~3マイクロメートルのストリッパ・レートとなる。

12. 化学蒸着(CVD)

本発明による、低圧の化学蒸着(LPCVD)がシリコン化合物、(ホウケイ酸ガラス(BSG: borosilicate glass)、リンケイ酸ガラス(PSG: phosphosilicate glass)、ホウリンケイ酸ガラス(BPSG: boron phosphosilicate glass)を含む)ホウ酸化合物およびリン酸化合物および窒素プラズマを含む様々な物質を蒸着するのに用いられる。CVD(化学蒸着)を行うためのアンテナ、バイアスおよび圧力の範囲は前述のEIEエッチング・プロセスのために用いられたものと同様である。すなわち、プラズマに結合される高周波電

42

ネルギーは50~800 mHzで有効であり、好ましくは50~400 mHzであり、現在までのより好ましい範囲は50~250 mHzである。比較的低い周波数のACエネルギーが必要となるとき、10 mHz~50 mHz, 100 mHz~30 mHz, および5~15 mHzの範囲を使用し、ウェハー保持装置の電極/カソードに印加される。高い周波数のアンテナ出力は所望のイオン束密度を得るよう選択され、より低い周波数のACバイアス出力は所望のカソード・シース電圧、そしてイオン・エネルギーを独立に得て、制御するために選択される。好ましくは、圧力は0.1~500 mTorrの範囲内にあり、より好ましくは1~100 mTorrの範囲内にある。

[0080] また、本発明によると、高圧の化学蒸着(HPCVD)は前述で説明した高い周波数のアンテナ・エネルギーおよび低い周波数のバイアス・エネルギーを用いて、かつ典型的には500ミリトルより高い圧力を用いて前出の態で説明したようなものを含有様々な物質を蒸着するのに用いられる。HPCVDの適用例において、高周波のionエネルギーは実質的に無いため、アンテナによりプラズマに結合され、低い周波数のACバイアス出力は所望のカソード・シース電圧、そしてイオン・エネルギーを独立に得て制御するために選択される。HPCVDプロセスのために、元の分子およびイオンの束密度の割合が重要である。高い圧力はイオン束密度に対する元の分子の束密度の比率を変えるのに用いられる。比較的高い圧力(5~50 mTorr)で低いバイアス(0~200 mTorr)であれば、イオンに対し、より多くの分子を生成し、より低いバイアスであれば、イオンの方向性はより小さくなる。およそ500 mTorr~500 mTorrの比較的低い圧力で高いバイアスであれば、イオンに対し、より少ない数の分子となり、およそ200~1,000 Wの高いバイアスであれば、イオンの方向性はより大きくなる。これらのパラメータを制御することにより、蒸着された薄膜の物質組成は高圧、バイアスなしの条件下でのみ水平方向選択から、角度圧力、非常に低いバイアスかバイアスなしによる等方向性か、より低い圧力で、より高いバイアスでの垂直方向選択へと変えられる。水平方向選択の圧力は10~500トルでバイアスはなし、等方向性の場合、圧力は5~10トルで、バイアスは0~200 W、そして、垂直方向選択の圧力は500 mTorr~500トルでバイアスは200~1,000 Wである。

[0081] (a) 低圧CVD

1) 酸化プラズマおよびオキシ窒化プラズマ

酸化プラズマおよびオキシ窒化プラズマの適用例として表面処理および金属膜の形成がある。このような適用例において、関連する蒸着プロセスによって分子を破壊してはならない。表面処理層を形成するのに用いられる

43

ときは、本プロセスは圧力制御を伴った好適な雰囲気源供給を設けなければならない。金属間の触媒を溶解するの用に用いられるときは、ステップ・カバレージ (step coverage)、高い触媒活性、制御される物理的・化学的性質 (圧力)、電気的性質 (絶縁度および導電率)、光学の性質 (吸収スペクトラム)、および化学的性質 (水素含有) を満足しなければならない。なお、通常の酸化プラズマおよびオキシ窒化プラズマは化学的性質のみではなく、むしろ、懸念される酸化物質はSi-H-Nであり、オキシ窒化物質はSi-H-O-Nである。

【0082】通常、この化学作用ガスは水素含有量のない酸素が必須であるときは、シラン (silane) および酸素を含む。高い水素含有率でも耐えうる場合は、シラン、酸素およびアンモニアを含む。化学作用ガスが酸化触媒および酸素そのものの酸素化合物を含む。通常はより低い酸素の濃度率であることを除いてはオキシ窒化物についても同様に考えることができ、酸素プラズマ溶液およびオキシ窒化プラズマ酸素のための対応するプロセスは表13および14中に各々、要約される。

【0083】2) LPCVD触媒物

LPCVDシリコン触媒物の適用例には金属間触媒がある。重要な処理条件にはLPCVD酸化プラズマに同じく前に詳述したように、下部の素子に損傷を与えないこと、ギャップを充填する能力があること、高効率の酸素、および物理的、電気的、光学的、化学的性質を制御することなどがあげられる。通常このプロセスのための化学作用ガスは (シランまたはTEOSなどの) シリコン化合物 (酸素そのものまたは酸化触媒の) 酸化化合物ガス、そして、選択的に、(代表的にはアルゴンなどの) 不活性ガスを含む。B₂SG、PSG、およびBPSGガスとするために水素およびトリメチル物を添加してもよいし、また、例えば、酸素被覆 (ステップ、カバレージ) を改善する目的のために工業添加物が追加されてもよい。調整するプロセスは表15に要約されている。

【0084】上述のLPCVD触媒物プロセスに関する一変形例はバイアス・スパッタ酸化であり、それは2つのステップのプロセスである。まず、表15のプロセスが用いられるが、薄い触媒層を溶解するために下部のバイアスなしで、酸素にアルミニウムがスパッタリングされないようにする。次に、下部のバイアスおよびアルゴン流が表15に示されるようにスパッタのファセット (facet) 形成を行うために追加される。

【0085】第3の変形例においては、スパッタ・エッチング・レートに異なるバイアスあるいは異なるレートの割合がウェハの形状を平坦化するよう選択されるように、バイアス・スパッタ溶解プロセスを差形することによって、シリコン触媒物の平坦化が行われる。スパッタ・エッチング・レートはバイアスと圧力により決定

44

されるのに対し、バイアスされない溶解レートはアンテナ出力と反応物質とにより決定される。したがって、この割合は4つの要素、すなわちバイアス出力、圧力、アンテナ出力、および反応物質の濃度率を選択することにより決定される。

【0086】第4の変形例においては、溶解プロセスの間に容易に流れて、特徴部位置の大きな面積を充填する。そのような物質を組み合わせることによって、シリコン触媒物の平坦化が全体的あるいは大きい面積での平坦化プロセスをもたらしうるに調整される。例示のB₂SGについては、調整する化学作用ガスはトリメチルボウ酸 (trimethylborate) およびH₂ (選択的に不活性ガス (He)) である。

【0087】第CVD低圧ファセット溶解

本プロセスにおいて、しばしばCVDファセット・プロセスとして知られているが、固体物質においてすき間ができることが避けるために前に触媒物または酸化物を蒸着すると同時に、シリコン・ウェハの溝の外側 (上面) の角に蒸着された物質 (例えば、触媒物もしくは酸化物) のエッチングが行われる。先行技術においては、そのような切り出し (faceting) および触媒はECR/マイクロウェーブ周波数のプラズマCVDにおいて同時に行われた。先行技術ではプラズマによるCVDが1.5-50MHzなどの周波数により行われていたため、所要の切り出しを行うためには真空室とエッチング室との間でウェハをいったりきたりさせる必要があった。本発明によれば、低圧力のCVD溶解および切り出し (faceting) がプラズマによるCVDプロセスを用いて同時に行われ、そのプラズマはおよそ50MHzから500MHzの周波数範囲、好ましくはおよそ50MHzからおよそ250MHzまでの周波数範囲で動作する共振回路アンテナにより励起される。ウェハのバイアスはスパッタ・フォセティングを行うために印加される。複雑なマイクロウェーブ/ECR装置を使用したり、異なるエッチング室との間をウェハが行ったりきたりする必要がなくなる。

【0088】さらに、ウェハ形状の平坦化は素子/溝間の移動に基づいてスパッタ・エッチング・レートに対するバイアスのない溶解のレートの割合を選択することにより行われる。それはウェハを全体的に平坦化するために溶解プロセスの間に流れる酸素などの物質の溶解と組み合わせられる。

(c) 高圧CVD

1) 酸素と等方性酸化プラズマおよびオキシ窒化プラズマ LPCVDに対して、本高圧CVD、すなわち均質で、等方性の触媒プラズマおよびオキシ窒化プラズマのプロセスは表面処理および金属間触媒などの適用例が考えられる。LPCVDの対応する適用例に同じく説明した条件および化学作用ガスが同様に本例にもあてまる。HPCVDのプロセスにおいて、バイアス出力は

45

導電性底および圧力を制御するのに用いられる。該底の窒化水素 (5Hz + 6%) および同様のより高純度の窒化水素プラズマシラン+窒化物+アンモニア) のためのプロセスが表2に要約されている。

【0089】表1は化学作用ガスの中に酸素化合物(酸素若しくは、好ましくは置換化酸素)を混入入れることにより、低位の水素含有オキシ窒化物およびより高純度のオキシ窒化物の製造のために用いられる。同じもの製造率がオキシ窒化物および窒化物のために用いられる。

均質な等方性シリコン窒化物

このHPCVDプロセスのための適用例および関連する条件はLPCVDプロセスはすき間を充填するのにより好適であり、HPCVDは段差被覆(ステップ-カバレージ)の適用例にとってより好ましいかもしれないとい

[表1]

窒化物コンタクトウィンドーエッチング

濃化物/ボリ

表 2

パラメータ	1	2	3
アンテナ電力 (W)	300~5000	500~2500	800~2000
アンテナ周波数 (MHz)	50~800	50~400	50~250
バイアス電力 (W)	100~1000	200~1000	400~800
バイアス周波数	10MHz ~ 50MHz	100kHz ~	
RF 力 (at)	<500	1~100	5~50
ウェーハ温度 (°C)	<125	—	—
気体化学組成 (atm)			
エCHANT	CF=0.1/1~2/1	CF=30~600	50~300
ドーパント	HF=0.1/1~0.5/1	Ar 20~600	50~300

[表2]

窒化物リアールエッチング

濃化物/アルミニウム

表 3

パラメータ	1	2	3
アンテナ電力 (W)	100~5000	300~2500	800~2000
アンテナ周波数 (MHz)	50~800	50~400	50~250
バイアス電力 (W)	100~1000	100~500	100~300
バイアス周波数	10MHz ~ 50MHz	100kHz ~ 30MHz	5~15MHz
陰極ソース (V)	<300	<200	5~50
RF 力 (at)	<500	1~100	5~50
ウェーハ温度 (°C)	<125	—	—
気体化学組成 (atm)			
Etch	CF=0.1/1~2/1	CF=	50~300
	HF=0.1/1~0.5/1	CF=	50~300
		Ar	50~300

[表3]

46

う点を除いて、LPCVDの対応する点のためのそれらと類似している。本発明のHPCVDプロセスはシリコン化合物(代表的には、シランまたはTGS(テトラエチルベンゼンジケイ酸塩: tetraethylgermane)若しくはテトラエチルオキシケイ酸塩: tetraethyloxysilicate)、酸素化合物(代表的には、酸素そのもの、または好ましくは、置換化酸素)および、選択的には不活性ガス(代表的にはアルゴン)を含む化学作用ガスを用いる。均質なシリコン窒化物の製造のためのHPCVDプロセス全体は表17に要約されている。

【0090】上記の例は代表的なものである。本技術分野の熟練者であれば、様々な均質な等方性および異方性のエッチングを行うためにこれらの例を容易に応用しうるであろう。

酸化剤スパッタエッチング

概 要

パラメータ	1	2	3
アンテナ電力 (W)	300~5000	500~2500	800~2000
アンテナ	50~800	50~400	50~250
周波数 (MHz)			
バイアス電力 (W)	0~1000	100~800	100~300
バイアス周波数	10MHz ~ 50MHz	100MHz ~ 30MHz	5~15MHz
圧 力 (mt)	<500	1~100	1~30
ウェーハ温度 (°C)	—	—	—
気体化学組成(secm)			
エCHANT	非反応性	Ar	Ar

[表4]

球形/酸化剤

概 要

パラメータ	1	2	3
アンテナ電力 (W)	200~1500	300~1000	300~750
アンテナ	50~800	50~400	50~250
周波数 (MHz)			
バイアス電力 (W)	0~500	0~300	0~200
バイアス周波数	10MHz ~ 50MHz	100MHz ~ 30MHz	5~15MHz
照度ソース (V)	<200	<100	5~100
圧 力 (mt)	<500	1~100	5~50
ウェーハ温度 (°C) (1)	>40°C		
(2)	<-40°C		

気体化学組成(secm)

エッチング(1) Cl または Br Cl ₂ または BBr ₃ または BCl ₃	Cl ₂ 50~300
+Ar	Br 50~300
	Cl ₂ 0~20
(2) F	SiF ₄ または NF ₃
+アルゴン	Ar 30~300

[表5]

RIBアルミニウム

概 要

パラメータ	1	2	3
アンテナ電力 (W)	500~1500	600~800	800~800
アンテナ	50~800	50~400	50~250
周波数 (MHz)			
バイアス電力 (W)	100~400	100~200	100~200
バイアス周波数	10MHz ~ 50MHz	100MHz ~ 30MHz	5~15MHz
圧 力 (mt)	<500	1~100	5~50
ウェーハ温度 (°C)	<125	—	—
気体化学組成(secm)			
エッチング	Cl ₂ / BCl ₃	Cl ₂ + BCl ₃	Cl ₂ 30~100 BCl ₃ 30~100
ドーパント	BF ₃		

[表6]

RIEシリコン

範 囲

パラメータ	1	2	3
アンテナ電力 (W)	100~2500	300~700	300~700
アンテナ	50~800	50~400	50~250
周波数 (MHz)			
バイアス電力 (W)	0~500	50~200	50~150
バイアス周波数	10MHz ~ 50MHz	100MHz ~ 30MHz	5~15MHz
圧 力 (mt)	<500	5~50	5~50
ウェーハ温度 (°C)	<125	<100	<75
気体化学組成 (acca)			
エCHANT	ハロゲン	HF ₂ /SiH ₄ /NF ₃	HF ₂ 30~100 SiF ₄ 0~20 HF ₂ 0~10
ドーパント		He/O ₂	O ₂ 0~10 NF ₃ 0~20

[表7]

RIEタンダステン

範 囲

パラメータ	1	2
アンテナ電力 (W)	100~2500	200~500
アンテナ周波数 (MHz)	50~800	50~250
バイアス電力 (W)	0~500	0~200
バイアス周波数	10MHz ~ 50MHz	5MHz ~ 15MHz
圧 力 (mt)	<500	10~100
ウェーハ温度 (°C)	-	-
気体化学組成 (acca)		
エCHANT	F	NF ₃ 0~200 SF ₆ 0~200
ドーパント	イナート	Ar 0~200

[表8]

異方性RIEフォトリソ

範 囲

パラメータ	1	2	3
アンテナ電力 (W)	300~2500	300~1500	300~1500
アンテナ	50~800	50~300	50~250
周波数 (MHz)			
バイアス電力 (W)	0~500	0~300	0~200
バイアス周波数	10MHz ~ 50MHz	100MHz ~ 30MHz	5~15MHz
圧 力 (mt)	<500	1~100	5~30
ウェーハ温度 (°C)		<125	<75
気体化学組成 (acca)			
エCHANT	O	O ₂	O ₂ 10~300
ドーパント	F	CF ₄	CF ₄ 0~200

[表9]

RIE腐蝕

T1W/T1N

51

52

パラメータ	範 囲		
	1	2	3
アンテナ電力 (W)	100~2500	300~1000	300~600
アンテナ	50~800	50~400	50~250
周波数 (MHz)			
バイアス電力 (W)	0~500	0~200	100~200
バイアス周波数	10MHz ~ 50MHz	100MHz ~ 30MHz	5~15MHz
圧 力 (at)	<500	1~100	5~50
ウェーハ温度 (°C)			
気体化学組成 (scm)			
エッチング	ハロゲン	F+Cl	CF ₄ 0~20 BCl ₃ 10~100 Cl ₂ 0~20

(表10)

ライトエッチング

範 囲

パラメータ	範 囲	
	1	2
アンテナ電力 (W)	100~1000	100~1000
アンテナ周波数 (MHz)	50~800	15~250
バイアス電力 (W)	0~200	0~200
バイアス周波数	10MHz ~ 50MHz	5~15MHz
圧 力 (at)	<500	5~100
ウェーハ温度 (°C)	—	—
気体化学組成 (scm)		
酸化物	F	CF ₄ 30~120 またはNF ₃ 30~120
ポリ	Cl	Cl ₂ 30~120

(表11)

HF等活性酸化物エッチング

範 囲

パラメータ	範 囲		
	1	2	3
アンテナ電力 (W)	500~5000	500~2500	500~2500
アンテナ	50~800	50~400	50~250
周波数 (MHz)			
バイアス電力 (W)	0~500	0~300	0~300
バイアス周波数	10MHz ~ 50MHz	100MHz ~ 30MHz	5~15MHz
圧 力 (at)	<500at	0.5~20 Torr	0.5~5 Torr
ウェーハ温度 (°C)	<125	<100	60~75
気体化学組成 (scm)			
エッチング	F	CF ₄ 500~2000 NF ₃ またはNF ₃ 500~2000 SF ₆ C ₂ F ₆	CF ₄ 500~2000

(表12)

フォトリソストリップ

範 囲

パラメータ	範 囲		
	1	2	3

53	54
アンテナ電力 (W)	300~5000 300~2500 300~2500
アンテナ	50~800 50~400 50~250
周波数 (MHz)	
バイアス電力 (W)	0~1000 0~1000 0~800
バイアス周波数	10MHz ~ 100MHz ~ 5~15MHz
	50MHz 30MHz
圧力 (at)	100at ~ 500at ~ 500at ~
	50torr 10torr 5torr
ウェーハ温度 (°C)	<300 <250 100~200
気体化学組成 (acca)	
エCHANT	O O ₂ , N ₂ O, N ₂ 50~
	2000
ドーパント	F, N CF ₄ , NF ₃ N ₂ 0~5000
	SiF ₄ , C ₂ F ₄ CF ₄ 0~500
	NF ₃ 0~500

[表13]

L.F.プラズマで窒化物付着

パラメータ	1	2	3
アンテナ電力 (W)	300~5000	300~2500	300~2500
アンテナ	50~800	50~400	50~250
周波数 (MHz)			
バイアス電力 (W)	0~1000	0~500	0~800
バイアス周波数	10MHz ~ 100MHz ~ 5~15MHz		
	50MHz 30MHz		
圧力 (at)	<500	<50	<50
ウェーハ温度 (°C)	—	100~500	200~400
気体化学組成 (acca)			
	Si&N	SiH ₄	30~300
		N ₂	100~1000
		NH ₃	0~50

[表14]

L.F.プラズマでオキシ窒化物付着

パラメータ	1	2	3
アンテナ電力 (W)	300~5000	300~2500	500~2500
アンテナ	50~800	50~400	50~250
周波数 (MHz)			
バイアス電力 (W)	0~1000	0~500	0~800
バイアス周波数	10MHz ~ 100MHz ~ 5~15MHz		
	50MHz 30MHz		
圧力 (at)	<500	<50	<50
ウェーハ温度 (°C)	—	100~500	200~400
気体化学組成 (acca)			
	Si	SiH ₄	30~300
	N	N ₂	100~1000
	O	O ₂ /N ₂	100~1000
ドーパント		NH ₃	0~50

[表15]

L.F.酸化物付着

パラメータ	1	2	3
アンテナ電力 (W)	300~5000	500~2500	1000~2000

55	56		
アンテナ	50~800	50~400	50~250
周波数 (MHz)			
バイアス電力 (W)	0~1000	200~1000	200~1000
バイアス周波数	10kHz ~ 50MHz	100kHz ~ 30MHz	5~15MHz
圧 力 (at)	<500	1~100	1~30
ウェーハ温度 (℃)	<500	200~400	300~400
気体化学組成 (atmos)			
	Si	SiH ₄ /TEOS	SiH ₄ 30~100
	N	O ₂ /N ₂ O	O ₂ 30~200
ドーパント	イナート	Ar	Ar 400~800

(表16)

HF酸化液/オキシ窒化物の付着			
パラメータ	1	2	3
アンテナ電力 (W)	300~5000	300~2500	500~15
アンテナ	50~800	50~400	50~250
周波数 (MHz)			
バイアス電力 (W)	0~1000	0~300	0~300
バイアス周波数	10kHz ~ 50MHz	100kHz ~ 30MHz	5~15MHz
圧力 (at)	>500	500at~ 50 Torr	1~10 Torr
ウェーハ温度 (℃)	—	100~500	200~400
気体化学組成 (scca)			
酸化剤	Si	SiH ₄	30~100
	N	N ₂ O	400~5000
		NH ₃	0~30
オキシ窒化物	Si	SiH ₄	30~100
	N	N ₂	400~5000
	O	N ₂ O	400~5000
		O ₂	—
		NH ₃	0~30

(表17)

HF等角酸化液付着			
パラメータ	1	2	3
アンテナ電力 (W)	300~5000	200~2500	500~1500
アンテナ	50~800	50~400	50~250
周波数 (MHz)			
バイアス電力 (W)	0~1000	0~1000	0~1000
バイアス周波数	10kHz ~ 50MHz	100kHz ~ 30MHz	5~15MHz
圧力 (at)	>500	500at~ 50 Torr	500at~ 10 Torr
ウェーハ温度 (℃)	—	100~500	200~400
気体化学組成 (scca)			
酸化剤	Si	SiH ₄ + N ₂ O	30~100 + 200~3000
			SiH ₄ + N ₂ O
	O	TEOS + O ₂	30~100 + 100~1000
			TEOS O ₂
		TEOS + N ₂ O	30~100 + 100~1000

以上、本装置およびプロセスの好ましい実施態様および変形例を説明してきたが、当業者は、ここで説明した方法および装置を、請求の範囲内で容易に適合、変更および拡張するであらう。

【図面の簡単な説明】

本発明の上述の及びその他の態様は、以下のものを含む図面を参照しながら説明される。

【図1】 本発明に基づくRFリアクシステムを概略的に示している。

【図2】 好ましいアンテナ配置を概略的に示している。

【図3】 接地シールドとアンテナ及びその他のコンポーネントの間の電磁的関係を示している。

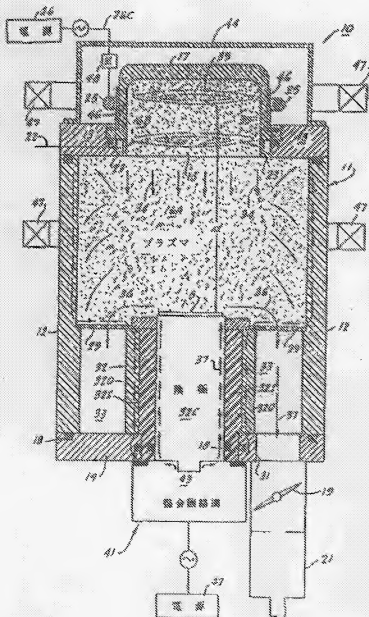
【図4】 誘化励振を示す。

【図5】 好ましい電力制御システムのブロックダイヤグラムである。

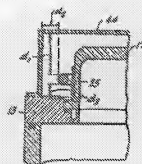
【図6】 代表的なバイヤホール配置図を示す。

【図7】 本発明に従った試験シーケンスの適用後の図6のバイヤホールを描いている。

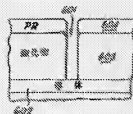
【図1】



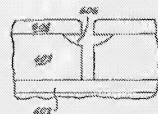
【図2】



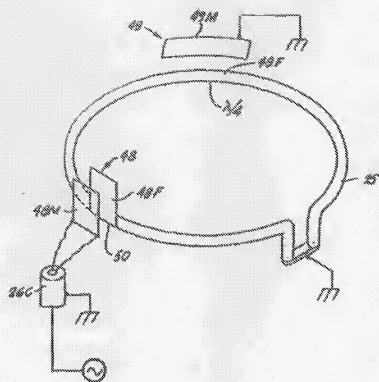
【図3】



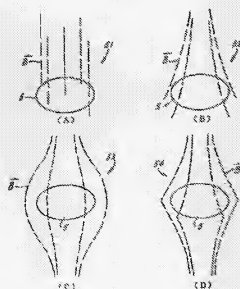
【図4】



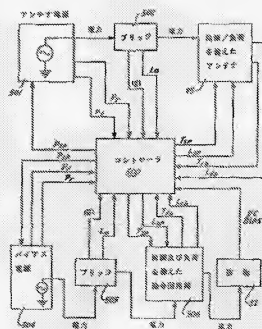
【図2】



【図4】



【図5】



フロントページの続き

(51) Int. Cl.⁵

H05H 1/96

識別記号

庁内登録番号

9014-2G

F 1

技術表示箇所